



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



**MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRIA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN**

**TRABAJO FINAL DE MÁSTER**

---

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA DILATACION PUPILAR  
EN LOS PARAMETROS OCULARES EVALUADOS  
MEDIANTE BIOMETRIA OPTICA**

**Olga Salas Fandos**

DIRECTOR Genís Cardona Torradeflot

DEPARTAMENTO Óptica i Optometría

**FEBRERO 2016**

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, any (2016). Tots els drets reservats



## MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRIA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

El Sr Genís Cardona Torradeflot, como director del trabajo

### CERTIFICA

Que la Sra. Olga Salas Fandos ha realizado bajo su supervisión el trabajo *Estudio de la influencia de la dilatación pupilar en los parámetros oculares evaluados mediante biometría óptica*, que se recoge en esta memoria para optar al título de máster en optometría y ciencias de la visión.

Y para que conste, firmo este certificado.

Genís Cardona Torradeflot  
Director del trabajo

Terrassa, 20 de Enero de 2016



## MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRIA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

# ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA DILATACION PUPILAR EN LOS PARAMETROS OCULARES EVALUADOS MEDIANTE BIOMETRIA OPTICA

## RESUMEN

Este estudio pretende analizar la influencia de la dilatación pupilar farmacológica con Tropicamida al 1% en el cálculo final de la potencia de la lente intraocular a implantar tras la cirugía de cataratas (LIO). Otros objetivos secundarios consisten en evaluar el efecto de dicho midriático en otros parámetros importantes a tener en cuenta en la práctica oftalmológica diaria, como son la profundidad de la cámara anterior (ACD), la longitud axial (LA), la paquimetría, la medida blanco-blanco (WW), el cilindro corneal (CIL), la refracción estimada del paciente post-cirugía y el grosor del cristalino (LT).

Un total de 54 ojos de 28 pacientes fueron incluidos en la muestra y analizados con biómetro óptico Lenstar 900 antes y después de la instilación del colirio.

No encontramos variación estadísticamente significativa en la potencia calculada de la LIO con o sin midriático (diferencias de 0,01-0,04 dioptrías, con  $p > 0,05$ ). En cambio sí que se encontró un aumento significativo de la ACD (de 0,10 mm, con  $p < 0,001$ ), una disminución de LT (de 0,020 mm, con  $p = 0,001$ ), un aumento de la paquimetría corneal (de 1,91 micras, con  $p = 0,001$ ), un aumento en el WW (de 0,0035 mm, con  $p = 0,002$ ), un aumento de la LA (de 0,005 mm, con  $p = 0,032$ ) y una disminución de la refracción estimada usando la fórmula SRK-T (de 0,025 D, con  $p = 0,04$ ). Sin embargo, en todos los casos dichas variaciones no fueron clínicamente relevantes.



## MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRIA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

# ESTUDI DE LA INFLUENCIA DE LA DILATACIO PUPIL·LAR EN ELS PARAMETRES OCULARS AVALUATS MITJANÇANT BIOMETRIA OPTICA

## RESUM

Aquest estudi pretén analitzar la influència de la dilatació pupil·lar farmacològica amb Tropicamida a l'1% en el càlcul final de la potència de la lent intraocular per implantar després de la cirurgia de cataractes (LIO). Altres objectius secundaris consisteixen en avaluar l'efecte de l'esmentat midriàtic en altres paràmetres, importants en la pràctica oftalmològica diària, com són la profunditat de la cambra anterior (ACD), la longitud axial (LA), la paquimetria, la mesura blanc-blanc (WW), el cilindre corneal, la refracció estimada del pacient post-cirurgia i el gruix del cristal·lí (LT).

Un total de 54 ulls de 28 pacients van ser inclosos a la mostra i analitzats amb el biòmetre òptic Lenstar 900 abans i després de la instil·lació del col·liri.

No trobem variació estadísticament significativa en la potència calculada de la LIO amb o sense midriàtic (diferències de 0,01-0,04 diòptries, amb  $p > 0,05$ ). En canvi sí que es va trobar un augment significatiu de l'ACD (de 0,10 mm, amb  $p < 0,001$ ), una disminució de LT (de 0,020 mm, amb  $p = 0,001$ ), un augment de la paquimetria corneal (d'1, 91 micres, amb  $p = 0,001$ ), un augment en el WW (de 0,0035 mm, amb  $p = 0,002$ ), un augment de la LA (de 0,005 mm, amb  $p = 0,032$ ) i una disminució de la refracció estimada utilitzant la fórmula SRK-T (de 0,025 D, amb  $p = 0,04$ ). Malgrat tot, en tots els casos aquestes variacions no van ser clínicament rellevants.



## MÁSTER UNIVERSITARIO EN OPTOMETRIA Y CIENCIAS DE LA VISIÓN

# EVALUATION OF THE INFLUENCE OF PUPIL DILATION ON OCULAR PARAMETERS AS MEASURED WITH OPTICAL BIOMETRY

### ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of pharmacological midriasis in the intraocular lens power calculation in cataract surgery. Besides, secondary objectives are to evaluate the effect of midriasis in other ocular parameters, such as anterior chamber depth (ACD), axial length (AL), central corneal thickness, white-white measure (WW), corneal astigmatism (CIL), lens thickness (LT) and post-surgery estimated refraction prediction in cataract surgery.

A total of 54 eyes of 28 patients were included in the sample. All parameters were measured using the optical biometer Lenstar 900. The measures were performed twice, after and before pharmacological pupillary dilation induced with Tropicamide 1%.

No statistically significant changes were found in IOL power calculation (0.01-0.04 diopters differences, with  $p > 0.05$ ). However, differences were encountered in other ocular parameter outcomes: an increase in ACD (0.10 mm,  $p < 0.001$ ), decreased LT (0.020 mm,  $p = 0.001$ ), increased corneal thickness (1.91 microns, with  $p = 0.001$ ), an increase in WW (0.0035 mm,  $p = 0.002$ ), an increase in AL (0.005 mm,  $p = 0.032$ ) and a decrease in post-surgery estimated refraction prediction using the SRK-T formula (D 0.025,  $p = 0.04$ ). Nevertheless, such variations were not clinically relevant in all cases.



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco la confianza que han depositado en mí los compañeros de la unidad de Oftalmología del Hospital Platón; prestándome sus pacientes, su biómetro Lenstar 900 y todo su apoyo en el estudio.

Agradezco también la ayuda inestimable de mi excelente tutor Genís Cardona.

Una mención especial a mi compañera de Máster y amiga Susana Escalera. Su preocupación por mis avances y sus ánimos telefónicos han sido de gran ayuda.

SUMARIO DE CONTENIDOS	Páginas
1. INTRODUCCIÓN	1-2
2. MARCO TEÓRICO	3-28
2.1 Catarata	3-10
2.1.1 Definición	3
2.1.2 Causas	3-4
2.1.3 Prevalencia en España	4
2.1.4 Síntomas	4-5
2.1.5 Clases o tipos	5-8
2.1.6 Diagnóstico	8-9
2.1.7 Tratamiento	9-10
2.1.8 Control post quirúrgico	10
2.2 Biometría	11-15
2.2.1 Técnicas actuales	11-14
2.2.2 Medidas obtenidas	14-15
2.3 Lente intraocular (LIO)	15
2.3.1 Definición	15
2.3.2 Parámetros a tener en cuenta para el cálculo de la LIO	15-19
2.3.2.1 LA	16
2.3.2.2 K	16
2.3.2.3 ELP	16-19
2.3.3 Fórmulas última generación usadas para el cálculo de la LIO	19-22
2.3.3.1 Teóricas de 3ª y 4ª generación	19-20
2.3.3.2 Empíricas	20-22
2.3.4 Tipos de LIO	22-26
2.3.4.1 Según el material	22
2.3.4.2 Según el lugar de implante	22-23
2.3.4.3 Según geometrías de la óptica	23-26
2.4 Midriáticos	26-28
3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	29
4. METODOLOGÍA	30-36
4.1 Selección de la muestra	30
4.1.1 Criterios de inclusión y exclusión	30
4.1.2 Proceso de selección	30
4.2 Material para la práctica	31-32
4.3 Procedimiento. Protocolo de medidas	32-35

4.4 Análisis estadístico	35-36
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37-47
5.1 Descripción de la muestra	37
5.2 Evaluación del efecto de la dilatación en la biometría en cirugía de cataratas	37-47
6. CONCLUSIONES	48-49
6.1 Conclusiones	48
6.2 Limitaciones del estudio y trabajos futuros	48-49
7. BIBLIOGRAFÍA	50-54



## 1. INTRODUCCIÓN

El elevado porcentaje de ancianos y el rápido envejecimiento de la población española, trae como consecuencia el aumento de enfermedades oculares asociadas a la edad, como es el caso de las **cataratas** que nos ocupan.

Alguno de los últimos datos recogidos en el Informe “Un perfil de las personas mayores en España, 2015”, España continúa su proceso de envejecimiento. (Abellán García, Pujol Rodríguez, 2015)

A 1 de enero de 2014 hay 8.442.427 personas mayores (65 y más años), el 18,1% sobre el total de la población (46.771.341), según los datos del Padrón Continuo (INE).

Sabiendo que el factor más condicionante de la aparición de cataratas es la edad, estamos hablando que en este último año han sido intervenidos de cataratas a nivel mundial casi 22 millones de ojos. La Organización Mundial de la Salud calcula que hacia el año 2020 se realizarán en el mundo más de 32 millones de operaciones de cataratas anuales. (Alcon, 2014; OMS, 2014).

Si hablamos de España, se operan al año en torno a 400.000 cataratas. (Fernández-Vega, 2014). Es por eso que nos vemos obligados a mantener un elevado nivel tanto en la calidad como en la excelencia de dicha cirugía, para conseguir una correcta agudeza visual post operatoria.

Los pacientes son cada vez más exigentes y por ello se intenta minimizar el uso de corrección óptica post quirúrgico. Por esta razón es muy importante realizar unas buenas medidas prequirúrgicas que nos permitan el cálculo óptimo de la potencia de la lente que va a ser implantada al substituir el cristalino opacificado (LIO). Por consiguiente, contra más correctas sean las medidas tomadas, mejor será el posterior cálculo de la lente y más cerca de la emetropía quedará el paciente después de la cirugía.

Instrumentos cada vez más precisos han salido al mercado para asegurar que la toma de medidas y el posterior cálculo del poder dióptrico de la lente sean lo más exactos posibles y sencillos de realizar.

Sabiendo la elevada o casi obligada frecuencia con la que el oftalmólogo precisa dilatar a sus pacientes para un mejor estudio del fondo de ojo, necesitamos seguir añadiendo nuevas investigaciones que constaten si los colirios midriáticos interfieran o no en la toma de las medidas proporcionadas por los biómetros. Su afectación conllevaría a un error en la potencia de la lente que implantaríamos al paciente, con su consecuente ametropía post cirugía.

Para nuestro estudio, realizado en las consultas de oftalmología del Hospital Platón, hemos contado con el biómetro óptico Lenstar 900 y como colirio midriático la tropicamida al 1%. De ambos hablaremos en apartados posteriores.

Nuestro objetivo en este estudio será el de buscar si la instilación de tropicamida (para conseguir la dilatación pupilar) conlleva o no a un cambio significativo en los resultados de la potencia de la LIO calculada por nuestro biómetro óptico. A la vez, aprovecharemos para valorar la posible variación de otros parámetros tales como la longitud axial, la profundidad de la cámara anterior e incluso la paquimetría del paciente.

Evidentemente, las conclusiones obtenidas serán comparadas y cotejadas con diversos estudios previos actuales que abordan el mismo tema.

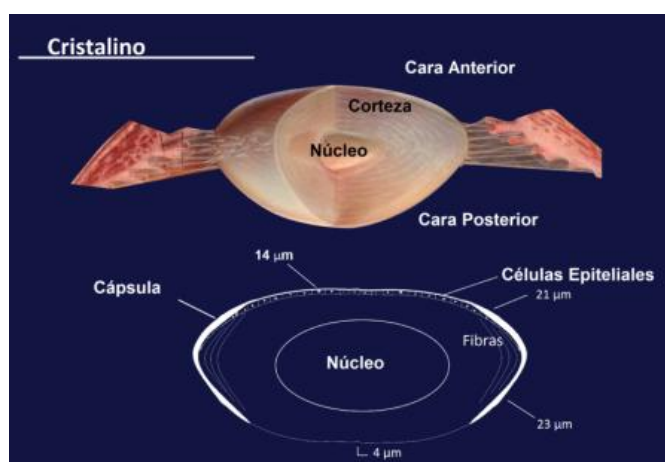
## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 CATARATAS

#### 2.1.1 Definición

Antes que nada explicar que el cristalino es una lente transparente que tenemos detrás de la pupila y que nos sirve para enfocar nítidamente los objetos en visión próxima. La catarata se define como la opacidad de este cristalino representando una disminución o pérdida de la transparencia del mismo, trayendo como resultado un déficit de la visión que conduce gradualmente a la ceguera.

El cristalino puede ir perdiendo su natural transparencia (las proteínas en el cristalino comienzan a descomponerse) tanto a nivel de su corteza, como de su núcleo o de su cápsula. Por consiguiente se irá convirtiendo en una lente opaca. Es entonces cuando nos referimos a cataratas, siendo ésta más o menos avanzada dependiendo de si la disminución de transparencia del cristalino es mayor o menor.



**Figura 2.1** Anatomía del cristalino. Imagen procedente de *Oftalmología-online.es*

#### 2.1.2 Causas

En efecto, la causa más frecuente de cataratas es la edad y se conocen como cataratas seniles. En más del 90% de los casos las cataratas están relacionadas con la edad y se desarrollan producto del proceso de envejecimiento y afectan generalmente a personas mayores de 50 años. (Kanski J, 2003)

Algunas enfermedades, como la diabetes o la miopía magna pueden acelerar este proceso. Lesiones traumáticas del ojo, inflamaciones, el uso de determinados fármacos (corticoides y derivados), el tabaquismo, haber sido intervenido quirúrgicamente por

otro problema ocular y la exposición a radiaciones o a luz ultravioleta pueden ser otros factores precipitantes de la catarata. Dentro de este marco, existe también un tipo de catarata congénita que la desarrollan los bebés.

### 2.1.3 Prevalencia en España

Las cataratas son en todo el mundo, la principal causa de pérdida total de la visión. Constituyen la mayor causa de ceguera reversible mundial, afectando a 19.7 millones de personas (OMS, 2014).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las cataratas no operadas componen el 33% de las causas de ceguera en todo el mundo. Cabe añadir, que esta enfermedad ocular muestra una alta incidencia, sobre todo en países en vías de desarrollo.

En **España** se calcula que el 47% de los ciudadanos sufren esta discapacidad visual, con una prevalencia del 50% entre los 65 y los 74 años de edad, y superior al 70% entre los mayores de 70 años (datos del 26º Congreso de la Sociedad Española de Cirugía ocular de 2011). Según datos del INE, en España hay diagnosticadas 847,3 miles de personas con discapacidad por cataratas. (INE, 2014)

El envejecimiento de la población, unido al aumento de la esperanza de vida, hace que la prevalencia de esta patología aumente exponencialmente. Este fenómeno se ve más acelerado en el caso español debido al aumento de longevidad y la disminución de la natalidad. (INE, 2014; ONU, 2014).

Datos actuales muestran que en España la población mayor de 65 años se sitúa alrededor del 17,06% de la población total, y las predicciones en el año 2050 según la ONU nos sitúan como el país más envejecido del mundo, de cuya población el 40% se situaría por encima de los 60 años.

Admitamos que aunque los estudios de prevalencia de cataratas son poco abundantes, las conclusiones de todos ellos son las mismas: hay un claro aumento de prevalencia de la catarata relacionado directamente con el aumento de la esperanza de vida. Y aunque no tienen predilección de sexo ni de raza, un estudio reciente (Koo E et al, 2013) (que coincide con los resultados de estudios observacionales anteriores) concluye que las mujeres tienen una mayor incidencia de cataratas ( $p = 0,02$  a  $0,05$ ). A su vez, la incidencia de catarata cortical fue mayor en los participantes que no son blancos ( $p = 0,001$ ).

### 2.1.4 Síntomas

La disminución de la **agudeza visual** es uno de los síntomas más claros y típicos en las personas que están desarrollando una catarata.

Al mismo tiempo, otros síntomas destacados que provocan son: visión nublada o difusa, deslumbramiento, aumento de la sensibilidad a la luz intensa, percepción de halos alrededor de las luces, colores desvanecidos o amarillentos, visión doble en el ojo afectado (diplopía monocular) y cambios frecuentes en la prescripción de gafas (miopización).

Cabe señalar que la pérdida de agudeza visual que origina la catarata no depende exclusivamente del grado de densidad de la misma, sino que es muy importante la zona en la que se localiza la opacidad; cuanto más posterior y central sea la opacidad, mayor pérdida visual se origina. Por ejemplo, si ésta se localiza en el borde externo de la lente, la vista no sufre cambios; pero si la opacidad está situada cerca del centro de la lente, generalmente interfiere con la visión. A medida que las cataratas aumentan, la visión puede hacerse más borrosa.

### 2.1.5 Clases o tipos

La catarata más frecuente es la **catarata senil**, que aparece habitualmente entre los 65 a los 70 años. Pero este dato no es totalmente preciso, ya que pueden existir personas que las desarrollen a una edad más temprana, en torno a los 55 años, e incluso puede haber gente que no las sufra hasta los 80.

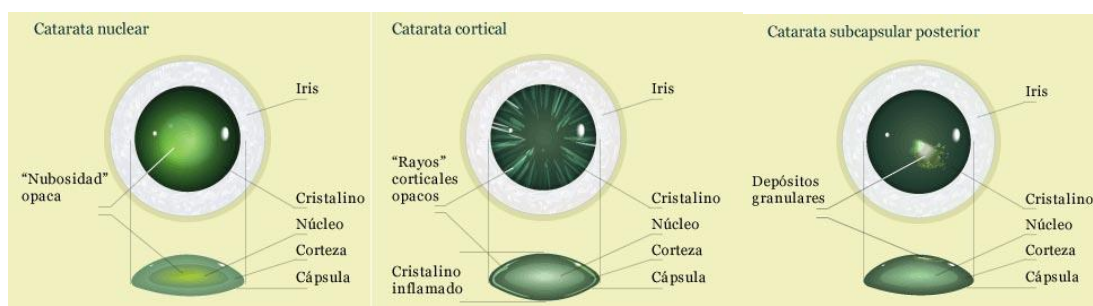
Es sabido que existen numerosas formas de clasificar las cataratas. Según la forma clínica pueden ser congénitas o adquiridas. Según la etiología se clasifican en senil, traumática, provocada por alteraciones metabólicas, tóxicas, asociadas a patología ocular o asociadas a patología general, radiación... Y según el estado evolutivo hablamos de catarata inmadura, madura e hipermadura.

Parece sin embargo que la clasificación comúnmente más usada, sería teniendo en cuenta su localización. Tratándose de cataratas nucleares, corticales y subcapsular posterior.

**Catarata nuclear:** Es el tipo de catarata más frecuente y su principal causa de aparición es la edad. En este tipo de catarata se va endureciendo progresivamente el núcleo del cristalino y va perdiendo su transparencia. Normalmente este tipo de catarata induce miopía, por lo que los pacientes pueden notar mejoría repentina en su visión de cerca y referir ver mejor sin corrección en visión lejana si son algo hipermétropes.

**Catarata subcapsular posterior:** Este tipo de catarata es frecuente en pacientes diabéticos, en pacientes que han tomado muchos corticoides o en pacientes que han sufrido una inflamación ocular previa. En este tipo de cataratas, el cristalino pierde su transparencia en la zona que está pegada a su cápsula posterior. Suele generar mucha distorsión de las imágenes, mucha pérdida de visión, fotofobia y una evolución más rápida de lo normal.

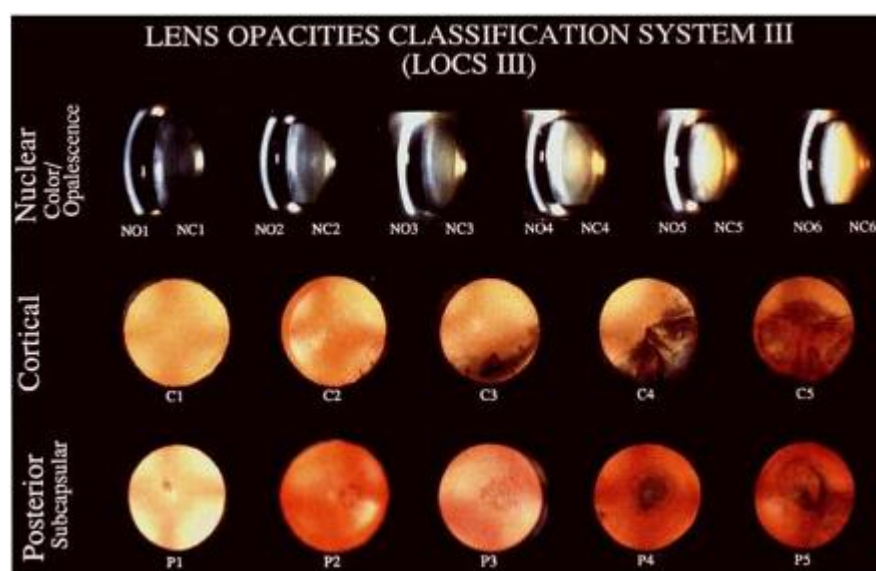
**Catarata cortical:** La pérdida de transparencia se produce en la parte exterior del cristalino (corteza).



**Figura 2.2** Esquema del cristalino, mostrando clasificación de las cataratas según su localización (imagen procedente de Distribuidora oftálmica Vering 2013)

Prosiguiendo con el tema voy a referirme brevemente a tres formas más (dos de ellas objetivas) que también nos permitirán clasificar el grado de cataratas y que actualmente están cada vez cogiendo más fuerza y relevancia en las consultas oftalmológicas. Se trata desde luego del LOCS III, el OQUAS II y topógrafos como el Pentacam.

**LOCS III** es un sistema de clasificación de las opacidades de cristalino, en el que se valora de 0 a 4, el nivel de catarata nuclear, cortical o subcapsular. Se publicó en 1993 y todavía es uno de los sistemas más usados a diario en las consultas de oftalmología.



**Figura 2.3** Clasificación LOCSIII

Imagen procedente de la Revista Mexicana de Oftalmología 2014; 88(1):32-38

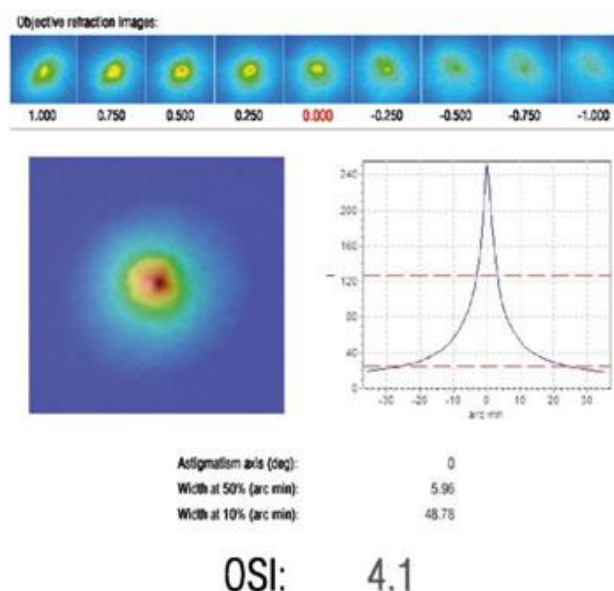
Otra forma de valorar el grado de cataratas y su grado de éxito visual tras la cirugía es con **OQAS™II** (Sistema de Análisis de Calidad Óptica). Se trata de un instrumento basado en la técnica de doble paso, que permite una evaluación objetiva del efecto de las aberraciones ópticas, la pérdida de transparencia y por lo tanto de la calidad óptica de la visión. Gracias a él obtendremos descriptores de la calidad óptica del paciente para poder evaluar comparativamente como varía ésta después de cirugías como la de cataratas.

Desde el punto de vista práctico, esto nos permite poder cuantificar la calidad óptica de un paciente con catarata y planificar una cirugía de acuerdo a los valores de OSI (dispersión o difusión) obtenidos con OQAS.

Valores de OSI pre quirúrgicos superiores a 2, nos indican que existe ya cierto compromiso visual susceptible de mejora con la cirugía. (Ondategui Parra, Martínez Roda, 2013)

De este modo, la medida del scattering o dispersión u OSI, podría representar en un futuro un nuevo sistema objetivo de gradación de cataratas, e incluso un parámetro de indicación quirúrgica sustituyendo así la agudeza visual utilizada hasta ahora. (Palomino Bautista, 2012)

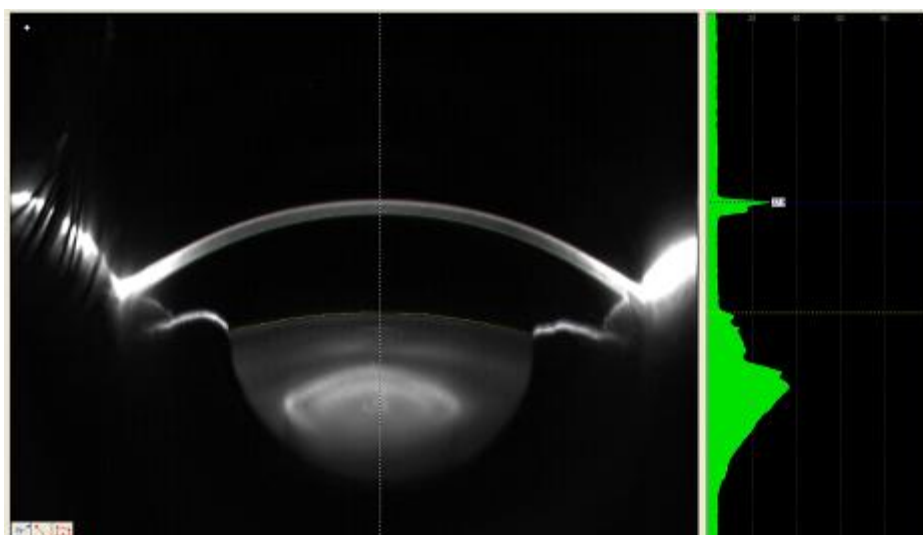
Valores de OSI menores de 0.5 se consideran un valor dentro de la normalidad. Entre 1,5 – 4,0, corresponden a cataratas iniciales. Mayor de 4,0 muestra la existencia de cataratas maduras.



**Figura 2.4** Medición del OSI a través del OQAS II. Imagen procedente de Eurotimes 2012.

Por último, podemos clasificar el grado de opacidad del cristalino analizando su densiometría con instrumentos como el Pentacam, basado en imágenes de Scheimpflug.

Observaremos, en la gráfica verde, la dificultad que tiene la luz para pasar a través del cristalino opacificado. (Bernal Reyes et al, 2014)



**Figura 2.5.** Imagen tomográfica (técnica de Scheimpflug) de una catarata nuclear en la que se observa la impedancia al paso de la luz (en verde a la derecha). Imagen procedente de los apuntes del Máster en óptica y optometría 2014/2015.

### 2.1.6 Diagnóstico

En la mayoría de los casos, el paciente suele acudir al oftalmólogo por percibir una **pérdida de visión**. Refieren ver mal con sus gafas, como si estuvieran mirando a través de una “nube”. Muchos son los que comentan que de lejos ven mejor sin su corrección habitual, debido a la miopización típica de las cataratas y que cada vez ven mejor en visión próxima.

Recordemos que el optometrista valorará dicha pérdida realizando el test de agudeza visual con optotipos en visión lejana. Se obtendrá así el tanto por ciento de visión del paciente. Aunque ya hemos indicado en el capítulo anterior, que existen otros métodos objetivos para evaluar el grado de opacidad del cristalino, actualmente se sigue usando el más económico y sencillo, aunque subjetivo, que es el de la medida de la agudeza visual del paciente en visión lejana.

En últimas, el médico diagnosticará la catarata mientras examina el fondo del ojo del paciente (preferiblemente con la pupila dilatada) con un oftalmoscopio. Por otra parte,



utilizando un instrumento llamado lámpara de hendidura, observará la localización exacta de la catarata y la extensión de su opacidad.

### **2.1.7 Tratamiento**

El único tratamiento realmente efectivo es la cirugía. Consiste en la extirpación del cristalino y su sustitución por una lente intraocular (LIO) (O'Day, DM. 1993).

Para extraer el cristalino opaco se realiza una pequeña incisión de 2-3 milímetros y a continuación se realiza la técnica de facoemulsificación. Se trata de romper el cristalino mediante ultrasonidos. Para ello lo primero es un ataque al núcleo del cristalino en su arquitectura, dentro del propio saco capsular, mediante una capsulotomía anterior llamada capsulorrexis. A continuación se usa una sonda que destruye el núcleo cataratoso mediante ondas ultrasónicas y sus restos son aspirados. Después el cristalino se sustituye por una lente intraocular previamente calculada, que se apoyará en la cápsula posterior. La lente se introduce en el ojo plegada a través de la sonda (Pereira, 1998).

Por lo general la herida es tan pequeña que no se necesitan puntos de sutura; aunque a veces se coloca algún punto de seguridad. En la actualidad se puede realizar esta cirugía simplemente con anestesia tópica.

Esta técnica permite una recuperación muy rápida por parte de los pacientes, obteniendo una tasa de éxito en más del 95% de los casos. Por lo tanto el pronóstico es muy bueno. La mayoría de los pacientes consigue recuperar la visión (o parte de ella) pocas horas después de someterse a la operación.

En 48 horas, pueden hacer vida normal, salvo actividades que requieran esfuerzos importantes. Las complicaciones asociadas a esta cirugía también se han reducido drásticamente con las nuevas técnicas quirúrgicas.

Quisiera insistir en que la cirugía de cataratas actual puede considerarse también como una cirugía refractiva ya que, además de eliminar la opacidad, se busca implantar la LIO “perfecta” que logre compensar completamente el estado refractivo del paciente. Para calcular la potencia de la lente intraocular que le corresponde a cada paciente, se utiliza la biometría. En relación con la necesidad de usar gafas después de la cirugía, depende de la lente utilizada. Si se usan lentes intraoculares monofocales, la visión de lejos será buena, pero requerirá una gafa para lectura. En algunos casos se utilizan lentes multifocales que permiten visión lejos-cerca.



**Figura 2.6** Incisión, capsulorrexis y retirada del cortex. Imagen procedente de *ocularis.es*

Si hablamos de la Seguridad Social Española, el punto de corte para indicar una cirugía de catarata según la agudeza visual (AV) ha pasado de 0,10 en 1982 a una AV de 0,50 en 2012 y hasta la actualidad (Begiristain et al, 2008).

#### **2.1.8 Control post quirúrgico**

Dependiendo del centro oftalmológico al que se acuda la revisión varía ligeramente, siendo lo más habitual realizar un control a las 24h, a la semana y al mes de ser intervenido.

Optométricamente hablando, en las tres revisiones se evalúa la agudeza visual sin corrección en visión lejana que alcanza el paciente. Anotamos su valor, así como también el obtenido a través del agujero estenopéico.

Es en la revisión del mes cuando podemos graduar al paciente de forma definitiva y hacer una valoración de cómo ha quedado su estado refractivo. Podremos entonces valorar el grado de acierto en la selección la de la potencia de la LIO que ha sido implantada.

La literatura (Freydell Valencia, 2007) nos reporta que entre 85% y el 93% de los ojos sin patologías oculares asociadas, son capaces de alcanzar una buena agudeza visual postoperatoria sin corrección, siendo el defecto esférico residual de menos de media dioptría en el 90% de los casos.

En nuestro caso, dado que las LIOs implantadas son monofocales y tienen un poder refractivo fijo, los pacientes operados necesitarán la prescripción de gafas para visión cercana; además de la prescripción para visión lejana si existiese un componente residual refractivo postcirujía. Debemos destacar que estas lentes de diseño monofocal siguen siendo las más implantadas en la actualidad.

## 2.2 BIOMETRIA

### 2.2.1 Técnicas actuales

Empezar diciendo que la biometría es la técnica con la cual obtendremos una serie de medidas oculares que nos permitirán calcular la potencia de la lentilla que será implantada en la cirugía (LIO). En su cálculo se intenta obtener la potencia exacta de la LIO que consiga minimizar las dioptrías que necesitará el paciente en visión lejana tras la intervención.

A la hora de hacer el cálculo de una lente intraocular, cualquiera que sea la fórmula que apliquemos, necesitamos conocer al menos la longitud axial del paciente, la queratometría y la profundidad de cámara anterior.

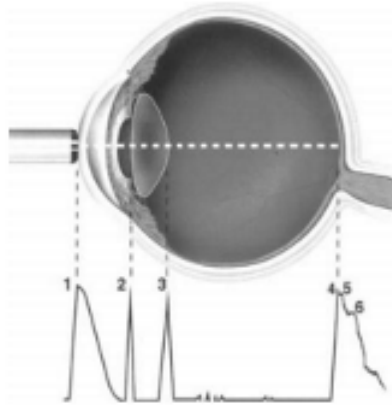
Señalar que la longitud axial (LA) es el factor más importante para determinar el poder dióptrico de la LIO. Es la distancia que existe entre el vértice anterior del ojo y el punto opuesto en la retina. Se mide a través de la biometría ocular y se puede hacer mediante tres técnicas: la biometría ultrasónica de contacto o inmersión y la biometría óptica.

En la Biometría ultrasónica ya sea de contacto o de inmersión, el biómetro emite un haz de ultrasonidos que se envía al interior del ojo mediante una sonda. Este haz se propaga de manera uniforme a través de los tejidos oculares, sufriendo fenómenos de reflexión y refracción al pasar de un medio a otro. Cuando tiene lugar este paso entre dos medios con distinto índice de refracción se produce un registro onda-pico o deflexión (eco), que en el ojo humano normal corresponde el primero a la córnea, seguido del de la cápsula anterior del cristalino, el de la cápsula posterior del cristalino y el último corresponde a retina.



**Figura 2.7.** Biómetro de contacto (a la izquierda) y de inmersión (a la derecha).  
Imágenes procedentes de página web del Centro Panamericano de Ojos y Revista Mexicana de Oftalmología; Septiembre-Octubre 2009; 83(5):272-280 respectivamente

Al final, lo que obtenemos es una imagen bidimensional de las estructuras del ojo cuya suma total de espacios es la longitud axial (LA).



**Figura. 2.8.** Ecograma modo A en un ojo normal. Se observan los siguientes ecos: (1) córnea, (2) cápsula anterior del cristalino, (3) cápsula posterior del cristalino, (4) retina, determinando entre ellas una serie de espacios anaecóicos (cámara anterior, cristalino y cavidad vítrea).Imagen procedente de Revista Mexicana de Oftalmología, 2009.

En la biometría de contacto, la sonda se coloca directamente sobre la córnea del paciente en la que previamente habremos instilado algún anestésico tópico. La presión que ejerzamos sobre la córnea no puede ser grande, ya que una presión excesiva provocará una disminución de la longitud axial al estar, mecánicamente, aplanando la córnea y, por tanto, disminuyendo el espesor corneal y la profundidad de la cámara anterior.

En la biometría de inmersión, se coloca al paciente en decúbito supino y se le aplica anestésico. A continuación se coloca un cilindro de plástico entre los párpados y se rellena con fluido hasta un medio o dos tercios de altura. La ausencia de contacto entre la sonda y el ojo evita la posibilidad de comprimir la superficie corneal obteniendo unas medidas más fiables de la longitud axial.

Mediante esta técnica, obtendremos dos ecos en cornea, pudiendo medir el espesor de ésta. No olvidar que se debe hacer siempre una medida del ojo contra lateral para poder compararlas.

Aunque la biometría de contacto sigue siendo actualmente la más usada no es la más fiable para medir la longitud axial. Requiere una experiencia mayor por parte del examinador. La de inmersión por el contrario, sigue requiriendo una gran pericia por parte del examinador pero los resultados obtenidos se asemejan a los obtenidos con biómetros ópticos (Jiménez A, 2012; Bjeloš M et al, 2010)

Hablemos ahora de la biometría óptica. La Biometría óptica se realiza a través de un biómetro óptico. Este emplea una fuente de luz con coherencia parcial y funciona

como un interferómetro modificado de Michelson. El biómetro emite dos haces de luz infrarroja coaxiales de 780 nm.



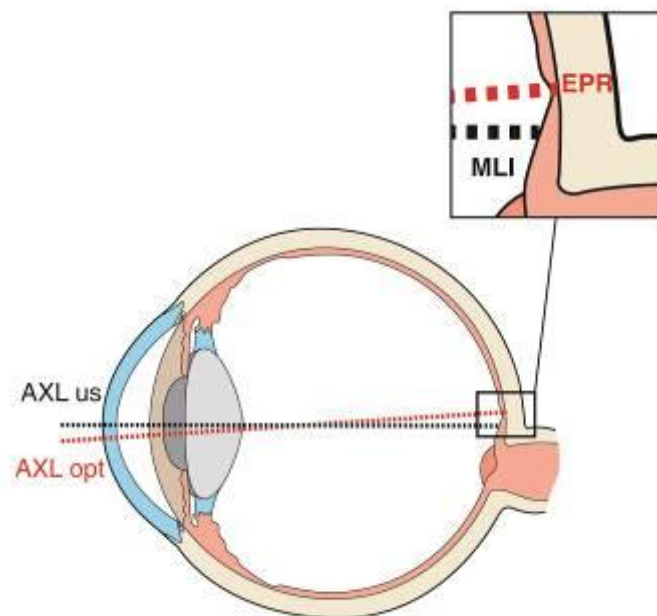
**Figura 2.9** Imagen del biómetro Lenstar 900. Imagen propia.

Si previamente se han hecho pruebas que supongan contacto corneal (presión intraocular- PIO), hay que dejar pasar 15-20 minutos antes de realizar la biometría óptica.

La gran ventaja de este sistema de medida es que no se usa anestesia ni hay riesgo de abrasión corneal ni de contagio entre pacientes. Las medidas son independientes del examinador que las toma y su aprendizaje es más rápido. También son más exactas al no correr el riesgo de obtener una medida fallida de la LA causada por la presión corneal del de contacto.

Por el contrario, no se pueden usar cuando hay una elevada opacidad de medios (medios están muy opacificados, existen hemorragias, vítreas, leucomas corneales, cataratas subcapsulares posteriores...)

Por último, hay que tener siempre en cuenta que la luz empleada en la biometría óptica es reflejada por el epitelio pigmentario de la retina, mientras que los ultrasonidos son reflejados desde la membrana limitante interna. Las medidas de LA son, por consiguiente, 0,2 mm mayores con el biómetro óptico que las tomadas con ultrasonidos.



**Figura 2.10** Muestra donde es reflejada la luz dependiendo del biómetro a usar. Imagen procedente de Genís Cardona, apuntes del máster en optometría 2014.

Igual que con el método anterior, también se debe realizar una medida del ojo contra lateral para poder compararlas. Debo añadir que en nuestro estudio se ha usado el biómetro óptico Lenstar 900. Dicho instrumento será descrito con más detalle en el apartado de métodos.

### 2.2.2 Medidas obtenidas

Las medidas obtenidas por el biómetro óptico son: paquimetría, queratometría, diámetro pupilar, excentricidad del eje visual, distancia blanco-blanco, profundidad de cámara anterior, espesor del cristalino, longitud axial y espesor de la retina.



**Figura 2.11.** Medidas tomadas con Lenstar 900 en un solo disparo. Imagen cedida por la misma casa comercial

Por otro lado, las medidas obtenidas por el biómetro por ultrasonidos son: profundidad de cámara anterior, longitud axial, espesor del cristalino y paquimetría (sólo en el de inmersión).

## **2.3 LENTE INTRAOCULAR (LIO)**

### **2.3.1 Definición**

Se trata de la lente que substituirá al cristalino opacificado una vez este sea extraído en la cirugía de cataratas.



**Figura 2.12** Injetado de la LIO. Imagen procedente de CADMO - Centro Andaluz de Microcirugía Ocular.

La potencia de dicha lente debe ser calculada previamente para intentar conseguir la emetropía del paciente, tanto de lejos como de cerca. Para ello, es importante un buen cálculo de la lente a través de las pruebas preoperatorias previas realizadas por el óptico-optometrista.

En el caso de LIOs que compensen tanto la visión de lejos como la de cerca es muy importante hacer una muy buena selección del paciente, así como ofrecer una información correcta y muy precisa sobre la LIO que va a ser implantada, con el fin de no despertar falsas expectativas sobre las mismas.

En el caso que nos ocupa, al tratarse de consultas oftalmológicas del Institut Català de la Salut, se intentará la emetropía del paciente en visión lejana con LIOs monofocales.

### **2.3.2 Parámetros a tener en cuenta para el cálculo de la LIO**

Existen diferentes fórmulas que nos ayudaran a calcular la potencia de la LIO. Para poder aplicarlas necesitaremos obtener los siguientes parámetros:

### 2.3.2.1 Longitud axial LA

Se mide con ultrasonidos o interferencia óptica (biómetro) tal y como se ha comentado en el apartado anterior.

Es el factor más influyente o importante en el cálculo de la potencia de la LIO (Holladay J et al, 1989). Un error de 1 mm en la LA equivale a 3,00 D en el cálculo del lente intraocular (Frank W et al, 2009).

### 2.3.2.2 Queratometría K

Otro de los datos que necesitamos para poder aplicar cualquier fórmula con la que obtener la potencia de la lente intraocular a implantar es la queratometría. El valor de K debe ser el valor medio de la curvatura corneal en los 3 mm centrales.

Si disponemos de biómetro óptico, éste lleva un queratómetro incorporado que nos dará la medida de K. Es el método de obtención que usaremos en nuestro estudio.

En el caso del biómetro Lens Lenstar, usado en nuestro estudio, se proyectan 32 marcadores en dos semicircunferencias concéntricas de 1,65 y 2,3 mm respecto al eje óptico. Este hecho mejora la fiabilidad de las medidas en comparación con las que se obtendrían con un queratómetro manual.



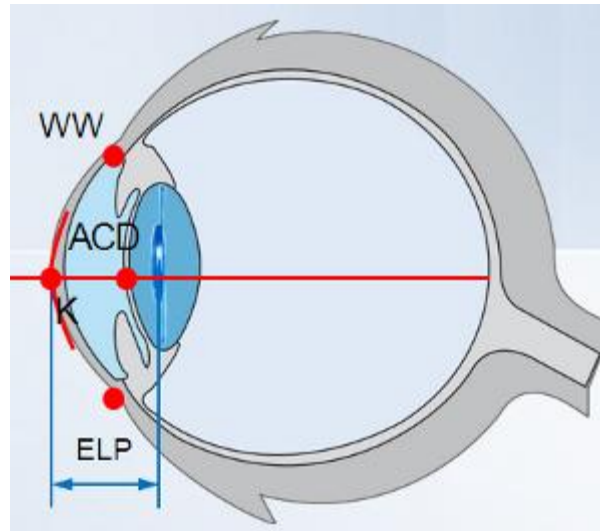
**Figura 2.13** Medida de la queratometría con el biómetro óptico Lenstar. Imagen propia.

### 2.3.2.3 Posición efectiva de la lente ELP

La ELP se define como la posición efectiva de la lente respecto a la córnea y fue definida por la FDA para describir la posición de la LIO en el ojo. Ésta es la única medida que de manera preoperatoria no podemos medir y las fórmulas deben estimar su valor.

El adelanto del lente con respecto a su localización ideal miopiza, es decir, aumenta el poder dióptrico del lente (LIO) implantada.





**Figura 2.14** Factores que influyen en el cálculo de la ELP. Imagen procedente de los apuntes del Máster en óptica y optometría 2014/2015.

Comencemos por indicar que en las fórmulas teóricas de primera generación, la ELP era constante en todos los casos (4 mm). Actualmente, en las fórmulas usadas de 3ª y 4ª generación, los factores que influyen en el cálculo de la ELP son:

**\*Amplitud o profundidad de la cámara anterior (ACD)**

Se mide la distancia real entre la cara anterior de córnea a cara anterior de cristalino. Es uno de los factores que menos influye para los cálculos de la potencia de las lentes. Un error de 0,10 mm en este cálculo produce un error refractivo de 0,10 dioptrías en la potencia de la LIO (Pontuchova E et al, 1996). El biómetro óptico usado para nuestro estudio nos proporcionará esta medida.

**\*Curvatura de la cara anterior de la córnea (R1)**

Es la medición del radio de curvatura más curvo de la superficie anterior de la córnea central. Es el segundo factor que más influye, después de la longitud axial, en el cálculo del poder dióptrico de la lente.

El error en la queratometría es un motivo frecuente de un mal cálculo del LIO. Un error de 0,10 mm en el cálculo del radio corneal conllevaría un trastorno en la refracción postoperatoria de 0,50 D (Sanders D et al, 1997). El biómetro óptico usado para nuestro estudio nos proporcionará esta medida.

### **\*Distancia blanco-blanco (W-W)**

Esta medida se corresponde a la que tiene el ojo del paciente desde el limbo corneal temporal al limbo nasal. Es el diámetro corneal.

Para poder hacer más fácil esta medida, lo que hacemos es medir la distancia desde el inicio del iris nasal hasta el iris temporal siempre en dirección horizontal. El biómetro óptico usado para nuestro estudio nos proporcionará este dato.

### **\*Espesor o grosor del cristalino (LT)**

Nos da el valor del grosor total central del cristalino. La única fórmula que utiliza esta medida es la fórmula Holladay II. El biómetro óptico usado para nuestro estudio nos proporcionará también esta variable.

### **\*Constantes**

Varía dependiendo del tipo de lente usada y las diferentes casas comerciales. Se deben conocer antes de hacer el cálculo del poder dióptrico del LIO. La aplicación de una constante equivocada inducirá un error significativo en el cálculo.

Actualmente se utilizan tres tipos de constantes: ACD, SF y A. ACD representa el valor medio de la distancia del vértice corneal al plano principal del LIO para un modelo de LIO. SF representa el valor medio de la distancia plano anterior del iris-plano principal del LIO para un modelo de LIO. Por último, A es un factor sumatorio de la formula SRK

Veamos un par de ejemplos de valores de constantes para dos LIOs diferentes. En apartados posteriores volveremos sobre la LIO de Alcon SN60WF usada en nuestro estudio.

LIO	Nominal	Haigis	HofferQ	Holl.1	SRK/T	SRK II
Alcon SA60AT	A=118,4	a0= -0,111 a1=0,249 a2=0,179	pACD=5,44	SF=1,67	A=118,8	A=119,0
Alcon SN60WF	A=118,7	a0= -0,769 a1=0,234 a2=0,217	pACD=5,64	SF=1,84	A=119,0	A=119,2

**Tabla 2.1.** Tabla de constantes según la LIO utilizada. Imagen procedente de ULIB User Group for Laser Interference Biometry

A modo de resumen comentar que, de acuerdo con Olsen T (2007) y Longstaff F (1986), los factores más importantes para obtener un cálculo correcto del poder dióptrico de una LIO son la LA y la K. La medida incorrecta de uno de estos dos parámetros es la causa de la mayoría de los errores refractivos tras la cirugía de catarata.

También dejar constancia que por cada 0,10 mm de desplazamiento de la LIO en su posición final en el saco capsular (ELP), se genera un error de 0,19 dioptrías en la potencia de la LIO (Longstaff S, 1986).

A continuación recalcar de nuevo la importancia en la finura de las medidas biométricas en una tabla resumen; indicando a la vez cual de las medidas a tomar es más relevante.

VARIABLE	ERROR	ERROR REFRACTIVO
Radio corneal	1 mm	5,0 D
Longitud axial	1 mm	3,0 D
ELP	1 mm	1,9 D
ACD	1 mm	1,0 D

**Tabla 2.2** Error refractivo estimado para cada modificación de 1 mm en cada variable.

### 2.3.3 Fórmulas última generación usadas para el cálculo de la LIO

#### 2.2.3.1 Teóricas de 3ª y 4ª generación

Las fórmulas teóricas de 3ª generación surgen entre los años 1988 y 1993. Actualmente siguen siendo igual de válidas y están incluidas dentro del software de los modernos biómetros ópticos.

Durante la década de los 90 comenzaron a desarrollarse fórmulas teórico-empíricas tales como la SRK-T (Retzlaff et al, 1990), la Holladay (Holladay et al, 1988), la HofferQ (Hoffer, 1994) y la Olsen (Olsen et al, 1995).

Se trata de fórmulas de tercera generación, las cuales, gracias al uso de variables predictorias tales como la longitud axial y la queratometría, intentaban mejorar el cálculo de la posición efectiva de la lente o ELP, es decir, la posición de la LIO respecto a la córnea. Sabiendo que es la única variable que no puede medirse preoperatoriamente y que la fórmula debe estimar, podemos afirmar que, cuantas más variables predictorias utilicemos en el cálculo de esta ELP mayor precisión conseguiremos en el cálculo de la potencia de la lente a implantar.

Todas ellas, para el cálculo de la potencia de la LIO, tratan de predecir la posición efectiva de la lente en función de dos parámetros: la longitud axial y la queratometría.

En primer lugar indicar que la fórmula SRK-T considera para el cálculo de la potencia de la LIO: la ELP, el factor grosor retiniano y el índice de refracción corneal. Siendo de todas ellas, el cálculo de la ELP el factor más determinante.

A continuación la Holladay-I añade diferentes parámetros en la ecuación de cálculo de la ELP, tales como la altura corneal y el factor del cirujano (SF).

En la fórmula HofferQ no se utiliza la altura corneal en la predicción de la ELP. Además el autor considera que la relación entre la ELP y los factores de LA y K no podían ser descritos mediante una *ecuación* de regresión lineal como ocurre en las otras dos fórmulas, sino tangencial.

Por último, Olsen combina hasta cuatro variables para determinar la potencia de la lente y su correcta ELP. Estas variables son la longitud axial, la profundidad de cámara anterior, el valor de K y el grosor del cristalino.

Como ya apuntábamos antes, están las de 4ª generación. Estas emplean más de dos factores para predecir especialmente la posición efectiva de la lente (ELP).

En el caso de la Holladay II se emplean hasta 7 variables predictivas: LA, K, ACD, grosor del cristalino, diámetro corneal horizontal, refracción preoperatoria y edad.

En el caso de la fórmula Haigis, la predicción de la ELP se hace en función de LA y ACD. Propone 3 constantes  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  para definir un determinado modelo de LIO.

Es interesante comentar que una de las particularidades de esta fórmula reside en su posible utilidad después de cirugía refractiva corneal, dado que no utiliza la queratometría para el cálculo de la ELP.

### **2.3.3.2 Empíricas**

Se trata de fórmulas obtenidas a partir del análisis estadístico de una serie de casos donde el investigador determina los principales factores predictores y calcula unos coeficientes de ajuste para obtener el resultado más preciso posible.

Serán tan buenas como buenos sean los datos de origen, por ello, en ojos extremos tienden a fallar, y en casos anormales (ojos tras cirugía refractiva corneal, aceite de silicona intraocular, etc.) simplemente no funcionan.

Encontramos la fórmula SRK, donde los factores más importantes en la predicción de la potencia de la LIO corresponden a la longitud axial y la queratometría. En la SRK la relación entre AXL, K y la potencia de la LIO es lineal:

$$P = A - 2,5 LA - 0,9 K$$

No se tardó en constatar que para longitudes axiales superiores a 24,5 mm e inferiores a 22 mm se seguían presentando múltiples casos de errores refractivos (Thompson *et al*, 1984). Por estas razones los propios autores decidieron realizar unas pequeñas modificaciones que terminaron por traducirse en una evolución de la fórmula, denominada SRK II (Retzlaff *et al*, 1990).

$$P = A - 2,5 LA - 0,9 K + C$$

Donde C es una constante con valores escalables entre +3 para longitudes axiales inferiores a 20 mm y -0,5 para longitudes axiales superiores a los 24,5 mm y A viene dada por el mismo fabricante.

Es oportuno ahora dejar constancia a modo de resumen que la mayoría de los biómetros traen incorporados en su software las fórmulas más empleadas, como pueden ser la HofferQ, la SRK-T, la Holladay I o la Haigis.

La elección de la fórmula para cada paciente se suele hacer en función de la longitud axial que presente el ojo (Prager *et al*, 2006):

LA < 22 mm: HofferQ o Holladay II

LA entre 22 y 24.5mm: cualquiera

LA entre 24.5 a 26mm: Holladay I

LA > 26mm: SRK-T o Holladay II

Quisiera señalar que para nuestro estudio valoraremos la afectación del colirio midriático en el cálculo de la potencia de la LIO usando las fórmulas SRK-T y HofferQ.

Solamente constatar que hay que tener sumo cuidado con los pacientes operados previamente de cirugía refractiva. En estos casos, normalmente se emplea una fórmula doble-K (Aramberri J, 2003), es decir, cualquiera de las antes mencionadas (SRK-T, Holladay 1, Hoffer Q, Holladay 2, etc.) programadas de forma que el algoritmo de predicción de la ELP utilice la K previa a la cirugía refractiva y el algoritmo de vergencia óptico o potencia de la LIO utilice la K actual post cirugía refractiva.

Otra alternativa en miopes puede ser una fórmula que no emplee la K en la predicción de la ELP, como la fórmula de Haigis L.

Para concluir, también está el método de la historia clínica, donde:  $K_{\text{post}} = K_{\text{pre}} - \text{Dioptías en plano corneal}$ .

### 2.3.4 Tipos de LIO

#### 2.3.4.1 Según el material

Según el material usado para la fabricación de la LIO éstas pueden ser rígidas de PMMA (actualmente poco usadas ya que precisan una incisión grande para ser colocadas) o plegables.

Las plegables pueden ser a su vez de elastómeros de silicona, acrílicas hidrofílicas o **acrílicas hidrofóbicas**. Son estas últimas las más empleadas gracias a su desplegado lento, su biocompatibilidad alta y a la baja incidencia de opacificación capsular posterior. (Hayashi et al, 2007). Resaltar como sus bordes angulados producen un efecto barrera en la proliferación de células epiteliales a lo largo de la cápsula posterior, evitando su opacificación.



**Figura 2.15** Lente de la marca Alcon Acrysof IQ aspheric SN60WF de material acrílico y plegable.

#### 2.3.4.2 Según el lugar de implante

Según el lugar de implante, las LIOs pueden considerarse de apoyo angular o iridiano, en sulcus o intracapsulares.

Son las intracapsulares las lentes de primera elección. Estas van situadas en el **saco capsular**, lugar en el que se encontraba el cristalino. Por otra parte, cuando se implantan en sulcus, la lente queda ligeramente anterior al saco capsular.

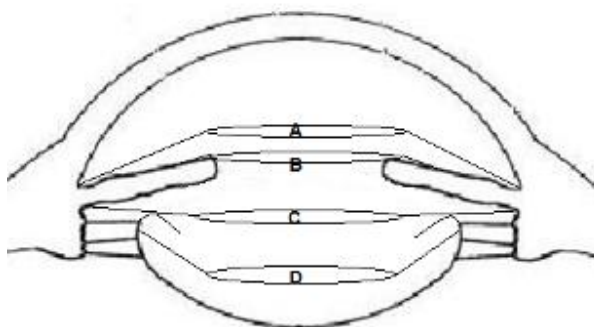
Queda definido que se recurre a lentes con apoyo angular o iridiano en caso de problemas para el apoyo de la LIO a implantar en el saco capsular o en sulcus. Casos como rotura del saco, desinserción de la zónula o afaquias antiguas donde se extraía también cápsula anterior y posterior del cristalino. En dichos casos hay que recalcular la potencia de la LIO teniendo en cuenta que esta irá colocada en un lugar más alejado de la retina.

Apoyo angular (A)

Apoyo iridiano (B)

En "sulcus" (C)

Intracapsulares (D)



**Figura 2.16** Esquema indicando las diferentes posiciones de implantación de la lente intraocular. Imagen procedente de los apuntes del Máster en óptica y optometría 2014/2015.

#### 2.3.4.3 Según geometrías de la óptica

Pasemos ahora a comentar la clasificación según la geometría de la óptica las LIOs.

##### **\*MONOFOCALES**

Son las más extendidas. Se trata de implantar la lente que corrija al paciente para una determinada distancia, siendo lo normal que el paciente quede corregido para visión lejana. Las encontramos tanto en geometría esférica como asférica y también existe la posibilidad de que sea una lente tórica que nos compense el astigmatismo corneal.

No olvidar que una vez implantada la lente monofocal, el paciente necesitará generalmente una corrección óptica para poder ver bien en visión próxima.

##### **\*MULTIFOCALES**

Las LIOs multifocales son uno de los elementos más novedosos en la cirugía del cristalino, ya que ofrecen la posibilidad de obtener buena agudeza visual de lejos, al mismo tiempo que intentan resolver el problema refractivo de cerca (de Vries N et al, 2013).

Existen diferentes diseños dependiendo del tipo de óptica que las caracteriza, distinguiendo entre difractivas, refractivas, híbridas o acomodativas.

### **\* LIOs difractivas**

Bifocales o trifocales. Basadas en el fenómeno de difracción característico de las ondas, que consiste en la dispersión de la luz al pasar por un orificio u obstáculo. Este tipo de LIO tienen una superficie refractiva con un índice determinado, en la cual están tallados unos escalones difractivos. Cuanta mayor altura tengan mayor será la adición en cerca.



**Figura 2.17.** Ejemplo de una lente difractiva. Imagen procedente de Alcon.

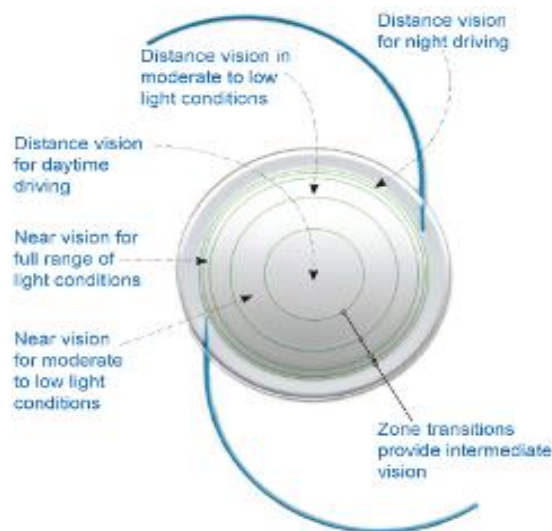
Dado su principio de funcionamiento, cada zona difractiva dirige luz tanto al foco de cerca como al de visión lejana, por lo que las LIOs difractivas permiten la creación de dos focos independientemente del diámetro pupilar, lo cual es una ventaja inherente sobre las LIOs refractivas.

### **\* LIOs refractivas**

Se basan en el fenómeno de la refracción. En su superficie anterior existen dos o más zonas esféricas de distintos radios (en forma de anillos concéntricos). Actualmente 5 zonas o anillos. Una de ellas tiene por finalidad mejorar la visión de lejos y la otra lo hace de cerca, por lo que requiere un perfecto centrado para la obtención de una correcta visión (Muñoz et al, 2009)

El 100% de la luz se distribuye entre los focos de cerca y lejos, en contraste con el 82% que se alcanza con las LIOs difractivas.





**Figura 2.18** Lente refractiva ReZoom. Imagen procedente de la página web del fabricante AMO (Abbott Medical Optics, Inc)

### **\*LIOs híbridas**

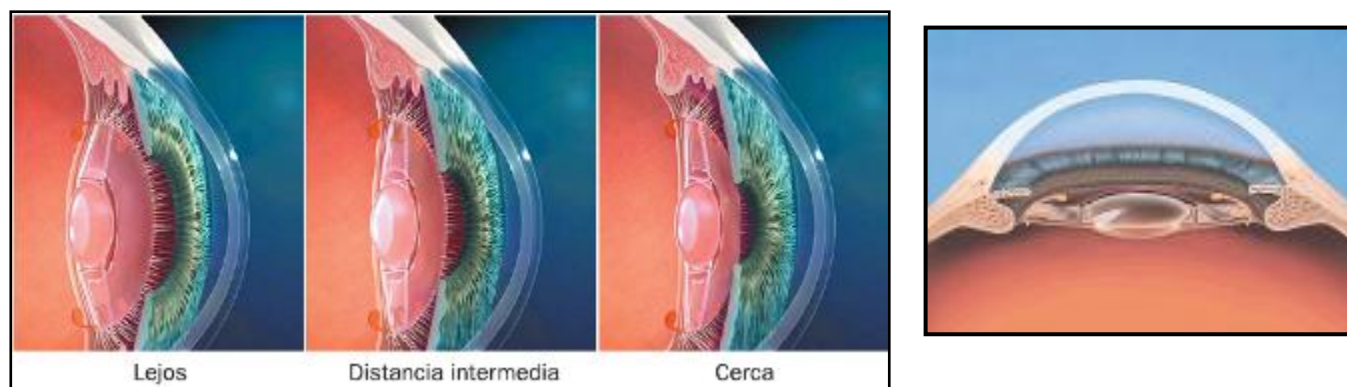
Las lentes híbridas presentan un diseño con una parte difractiva central y una zona periférica refractiva.



**Figura 2.19** Imagen de una LIO híbrida. Imagen procedente de Alcon.

### **\* LIOs acomodativas**

Son lentes monofocales que simulan el proceso de acomodación del cristalino. El saco capsular se contrae y se transmite a la lente, lo que aumenta la potencia total del ojo aproximadamente y permite enfocar en visión intermedia y próxima.



**Figura 2.20** Ejemplo de LIO acomodativa. Imagen procedente de nuevocrystalino.es

## 2.4 Midriáticos

Ha llegado el momento de hablar de los colirios midriáticos. Los midriáticos son fármacos que se usan en las consultas de oftalmología básicamente para realizar un mejor examen del fondo del ojo. La midriasis farmacológica se utiliza de manera rutinaria en oftalmología clínica, con el fin de hacer más sencillas y eficaces las técnicas de diagnóstico de patologías oculares, sobre todo patologías de fondo de ojo (vítreo, retina, coroides...)

Dichos fármacos instilados por vía tópica, producen en pocos minutos, una dilatación pupilar permitiendo al oftalmólogo ampliar su campo de visión del fondo ocular.

Por su uso en la práctica diaria, es importante estudiar los efectos que la dilatación farmacológica de la pupila pueda tener en otros componentes del globo ocular, como pueden ser la córnea o el cristalino o la profundidad de la cámara anterior, entre otros.

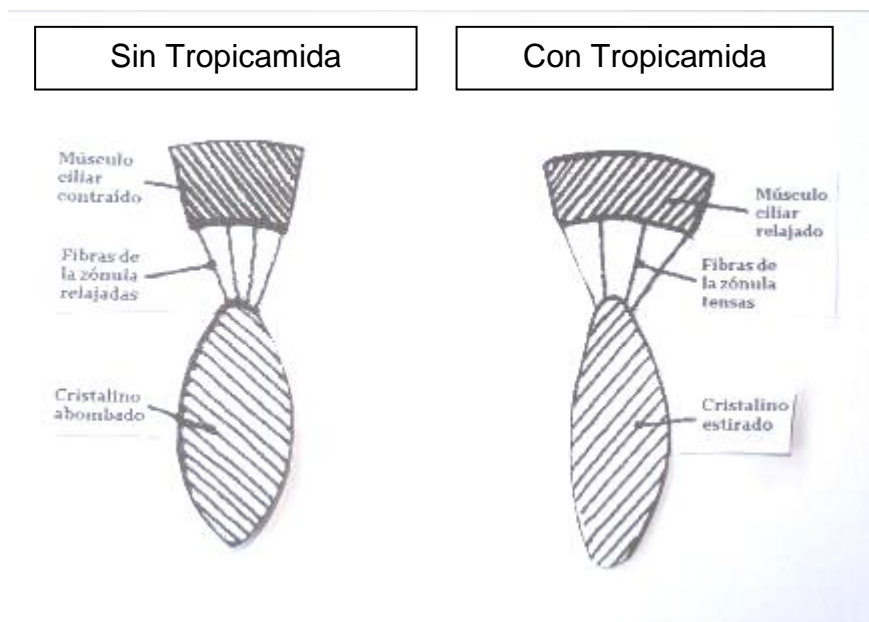
Su mecanismo de acción consiste en paralizar el músculo constrictor de la pupila, provocando dilatación pupilar (midriasis) y parálisis del músculo ciliar con resultado de parálisis de la acomodación (cicloplejia).

Como consecuencia directa de las gotas puede notarse molestias con la luz y visión borrosa (sobre todo de cerca), que tienden a desaparecer gradualmente. Reacciones alérgicas son raras.

Un efecto secundario indeseable sería la aparición de una crisis aguda de glaucoma de ángulo cerrado, especialmente en los pacientes que presentan un ángulo irido-corneal estrecho. Valorar por tanto siempre el grado de la cámara antes de instilar el colirio.

En nuestro estudio usaremos como colirio midriático la TROPICAMIDA al 1% (Colirio en solución de los laboratorios Alcon Cusí). Este, al ser un fármaco anticolinérgico, presenta acción midriática y ciclopléjica.

Por su acción midriática entendemos la dilatación del músculo circular del iris dando lugar a la dilatación pupilar (midriasis). Por su acción cicloplégica se entiende una pérdida de la acomodación, es decir, el músculo ciliar del iris se paraliza, aumentando la distancia entre este músculo ciliar y el cristalino. Por consiguiente la zónula de Zinn (fibras conectivas que unen a los músculos ciliares y el cristalino) quedan más tirantes no permitiendo por tanto el abombamiento del cristalino, paralizando así la acomodación. Resumiendo; se inhibe la posibilidad de acomodación, por parálisis de los músculos ciliares (cicloplejía).



**Figura 2.21** Mecanismo de acción de la Tropicamida en el músculo ciliar.

No olvidar que el colirio produce irritación ocular transitoria tras la aplicación, visión borrosa sobretodo en visión próxima, deslumbramiento y fotofobia; tal y como se indica en el prospecto del mismo colirio.

Para realizar nuestro estudio, las mediadas biométricas serán tomadas antes de instilar el colirio y 35 minutos después. Posteriormente, las medidas obtenidas serán analizadas estadísticamente para poder así obtener las conclusiones.

Son diversos los estudios que han tratado sobre el tema que nos ocupa. Todos se interesan por constatar si el uso de midriáticos podría influir en las medidas tomadas con los biómetros y por lo tanto en el cálculo final de la potencia estimada de la LIO que se implantará (Heatley et al, 2002; Bansal et al, 2008 ; Huang et al, 2012; Saitoh et al, 2004). En todos ellos las conclusiones son las mismas; el efecto de la dilatación pupilar no influye en el cálculo final de la lente.

Nosotros queremos ir un paso más allá, no solamente queremos corroborar dichos resultados, sino que además queremos valorar si otras medidas obtenidas con el biómetro óptico resultan o no modificadas con la instilación del colirio.

Teniendo en cuenta el elevado número de pacientes que acuden diariamente a las consultas oftalmológicas, nos hace percatar de la importancia de conseguir optimizar al máximo el tiempo del que disponemos para cada uno de ellos. Por consiguiente, debemos intentar usar los mínimos instrumentos para obtener así, los máximos valores oculares posibles.

En el caso de la biometría que nos ocupa, usaremos el biómetro óptico para medir, junto con la potencia de LIO, la queratometría corneal, la paquimetría corneal y la profundidad de la cámara anterior del paciente.

La queratometría nos dará la medida del astigmatismo corneal, el cilindro; interesante valor a tener en cuenta a la hora de realizar la refracción del paciente.

Por otro lado, la paquimetría, nos dará el espesor corneal; valor a su vez de vital importancia a la hora de diagnosticar como normal o alta el valor obtenido de la presión intraocular.

A su vez, la valoración de la profundidad de la cámara anterior es también importante a la hora de diagnosticar el glaucoma, ya que esta patología es más prevalente en pacientes con cámaras estrechas. Por lo tanto, también es importante conocer cómo afecta la midriasis farmacológica a la dinámica angular.

Estudios recientes sobre este tema afirman que la profundidad de la cámara anterior aumenta tras la dilatación pupilar, debido a la parálisis del músculo ciliar y consecuente aplanamiento del cristalino al tensarse las fibras de la zónula (Arriola-Villalobos, P et al, 2014).

Todos estos valores serán analizados también en este estudio, valorando así, si su variación es significativa con y sin dilatación pupilar farmacológica. A la vez compararemos los resultados obtenidos con los estudios previos. (Tobío et al, 2015; Ruiz Medrano, 2013).

### 3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El objetivo principal o genérico de este trabajo es valorar la influencia de la dilatación pupilar, en el cálculo final de la potencia de la lente intraocular (LIO) indicada en la cirugía de cataratas.

Otros objetivos secundarios o específicos sería evaluar el efecto de dicho midriático en otras medidas como la profundidad de la cámara anterior, la longitud axial, la paquimetría, la medida blanco-blanco, queratometría y el grosor del cristalino.

Se constata que, dependiendo del centro oftalmológico en el que sea visitado el paciente, o incluso según cada profesional dentro del mismo centro, se realiza el cálculo de la lente intraocular (LIO) que luego será implantada en la cirugía de cataratas (biometría) con el ojo dilatado o no dilatado.

La mayoría de centros dilatan al paciente para realizar una correcta exploración del fondo de ojo y valorar con más facilidad el grado y la evolución de las cataratas. Normalmente, si se decide optar por la cirugía, automáticamente posterior a la visita, se realiza la biometría con el ojo ya dilatado.

En otras ocasiones, por gestión o protocolos del centro oftalmológico, el paciente es citado para otro día para realizar la biometría, sin necesidad entonces de dilatar la pupila.

Una vez alcanzados dichos objetivos, procederíamos a evaluar la importancia de crear un protocolo en la toma de medidas biométricas, tanto en consultas oftalmológicas privadas como públicas.

Para empezar, en nuestro estudio, se ha realizado una breve explicación de en qué consiste la cirugía de cataratas y se hablará de la lente intraocular implantada (LIO) que remplazará al cristalino.

Posteriormente se han descrito diversas pruebas clínicas, instrumentos oftalmológicos y fórmulas de última generación que nos permitirán calcular la potencia de dicha lente para conseguir la emetropía post quirúrgica del paciente.

Hemos comentado también la función de los colirios midriáticos para conseguir la dilatación pupilar. Por último se expondrá la parte práctica del trabajo, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas.

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 Selección de la muestra**

#### **4.1.1 Criterios de inclusión y exclusión.**

Atengámonos primero a los criterios de inclusión para poder participar en este estudio. Estos fueron presentar en menor o mayor grado cataratas, que justificaran la realización de la biometría prequirúrgica, y la necesidad de instilación de tropicamida por parte del oftalmólogo, para poder proceder al estudio del fondo de ojo.

Por otra parte, los criterios de exclusión fueron tener alguna patología ocular diferente a las cataratas, ser portador de lentes de contacto, haber estado operado previamente de cirugía refractiva, tener cataratas muy maduras o muy avanzadas o presentar estrabismo/ambliopía en alguno de los dos ojos.

Los pacientes no firmaron un consentimiento informado para la participación en el presente estudio dado que el análisis de sus datos biométricos ya se engloba dentro del cálculo normal que se realiza para la implantación de una lente intraocular, procedimiento para el cual sí que se requiere la obtención de un consentimiento informado. Igualmente, todos los pacientes, antes de la intervención, firman un consentimiento para la cesión de sus datos personales e historial médico para fines estadísticos o de investigación, respetando en todo momento su anonimato.

#### **4.1.2 Proceso de selección**

En este estudio se incluyeron 56 ojos de 29 sujetos, de entre 28 y 90 años, 16 mujeres y 13 hombres, seleccionados de entre los pacientes que acudieron a consulta al Hospital Platón (Barcelona) para valorar la cirugía de cataratas, entre los meses de febrero y junio de 2015.

Todos ellos eran mayores de edad y accedieron voluntariamente a participar en nuestro estudio. Como de todos modos iban a ser dilatados y se les iba a tomar la medición con el biómetro óptico, no hizo falta que firmaran ningún consentimiento informático específico para el estudio.

Las cataratas que presentaban eran moderadas (siempre que permitiesen obtener una medida fiable con el biómetro óptico).

A todos ellos se les realizó una medida biométrica con el biómetro LENSTAR 900 antes de instilar el colirio midriático y se les repitió la medida a los 35 minutos. El colirio instilado para conseguir la midriasis pupilar fue Tropicamida al 1%.

Una paciente quedó excluida del estudio al habersele tomado, escasos minutos antes de la primera biometría, la presión del ojo usando el tonómetro de aire.

## 4.2 Material para la práctica

Como hemos dicho en la introducción, se empleó el biómetro óptico LENSTAR 900 para obtener las medidas.

**Lenstar LS 900®** (HS Haag Streit Diagnostics, © HAAG-STREIT GROUP, suiza): es un biómetro óptico con el que se pueden medir la longitud axial, la queratometría, la profundidad de la cámara anterior (desde el epitelio corneal a la cara anterior del cristalino), la distancia blanco-blanco, el grosor del cristalino, el espesor corneal, la profundidad del humor acuoso (de la parte posterior de la córnea a la parte frontal del cristalino) y el diámetro pupilar.

Con todas estas mediciones, el mismo software del instrumento (software Eyesuite), nos proporciona el cálculo de la potencia dióptrica óptima de la lente intraocular que suplantarán al cristalino en la cirugía de cataratas. Y como ya hemos comentado anteriormente, la potencia óptima de la LIO será aquella que busque la emetropía post quirúrgica del paciente.

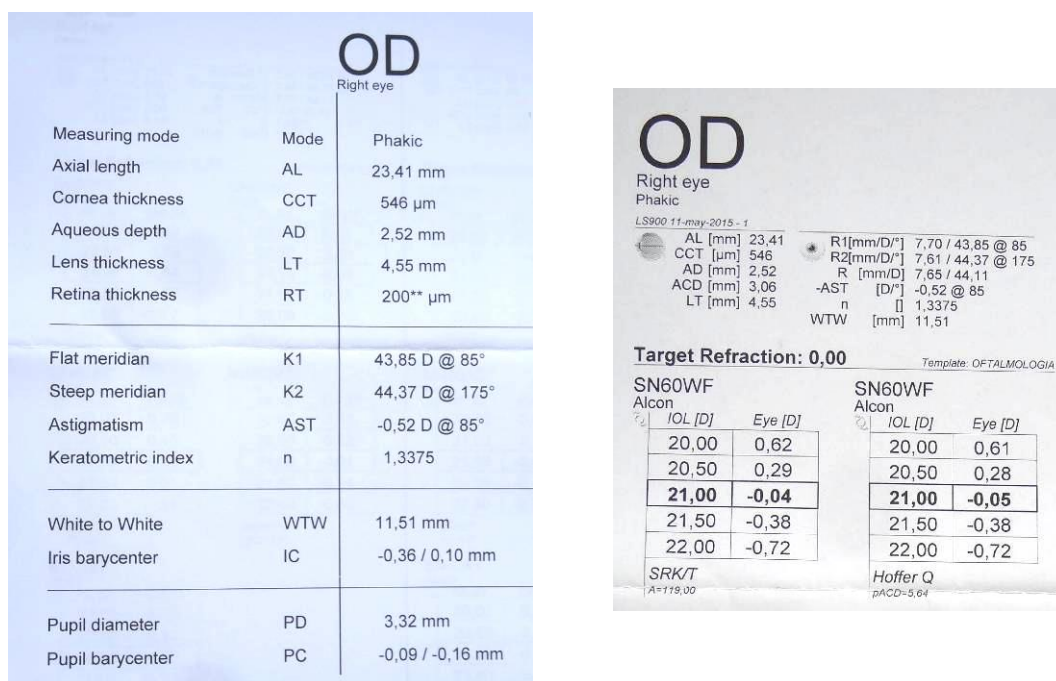
Nuestro biómetro se basa en un sistema óptico denominado interferometría de coherencia parcial (PCI), que emplea un láser diodo multimodo que emite un haz de luz infrarroja montado en un interferómetro de Michelson modificado. El frente de onda emitido es dividido por un divisor óptico y reflejado hacia el ojo por dos espejos, uno fijo y el otro móvil de posición conocida. Los dos frentes coaxiales atraviesan el ojo y producen reflejos entre los distintos medios con diferente índice de refracción. Estos reflejos son divididos y dirigidos hacia un fotodetector. Entonces se amplifica y se filtra la señal para mejorar su calidad y se digitaliza para su análisis mediante software. El empleo de un doble haz de luz coaxial y que el punto de referencia sea la cara anterior de la córnea ayuda a que los movimientos longitudinales del ojo durante la exploración afecten mínimamente a las medidas.

El equipo Lenstar utiliza un diodo superluminiscente de larga longitud de onda (820nm) como fuente de luz, lo que permite una adecuada penetración en cristalinios de dureza moderada.



**Figura 4.1** Biómetro óptico Lenstar 900 usado en el estudio. Imagen propia.

Los datos obtenidos por el biómetro se imprimían al momento y se anotaban en la ficha correspondiente.



**Figura 4.2** Impresión de los resultados. Imagen propia.

### 4.3 Procedimiento. Protocolo de medidas

Antes de comenzar el examen se le explicó al paciente el objetivo de nuestro trabajo y las pruebas que se llevarían a cabo. No hizo falta ningún consentimiento informatizado ya que las pruebas a realizar no eran invasivas.

A continuación se sometía al paciente a una breve entrevista para descartar posibles patologías y se entraban los datos personales en el biómetro. Entonces se acomodaba al paciente en la mentonera y se le mostraba el estímulo visual (LED) que debería mirar al realizar el examen. Se le indicaba al paciente las instrucciones a seguir durante la toma de medidas. Estos preparativos tenían una durada aproximada de 7 minutos.

Acto seguido se procedía a la toma de medidas siguiendo el siguiente protocolo. En primer lugar posicionamiento y centraje del paciente en la mentonera del biómetro óptico. Para favorecer una posición estable de la cabeza, el paciente debe posarla sobre la mentonera y contra la cinta de apoyo para la frente, así como colocar las manos en los asideros proporcionados. Esta posición influye positivamente sobre el tiempo de ajuste y la precisión de la medición. El paciente debía sentarse en la posición más erguida posible.



Para obtener mejores resultados de medición, solicitábamos al paciente que abriera los ojos lo máximo posible y que fijara la vista en el haz luminoso rojo. Pese a que se le permitía parpadear, debería tratar de restringirlo a un mínimo.

Después de parpadear un par de veces y, antes de tomar la medida, se esperaban entre 3 y 5 segundos para que se estabilizase la lágrima e influyese lo menos posible en los valores.

Obteníamos las medidas primero del ojo derecho; repitiéndolas 3 veces. Seguidamente evaluábamos el ojo izquierdo de igual manera. Todas las medidas fueron tomadas por el mismo examinador. El paciente no usaba ninguna corrección óptica durante la medida.

En la misma consulta donde estaba físicamente el biómetro, y justo después de realizar la primera biometría e imprimir los resultados, se instilaba una gota de Tropicamida al 1% en cada ojo. Se le entregaba al paciente una gasa estéril para que durante unos segundos se presionaran con los ojos cerrados el conducto lagrimal para evitar la pérdida del colirio por vía sistémica. A continuación el paciente era acompañado a sentarse en la sala de espera con los ojos abiertos y en 35 minutos era avisado de nuevo para la segunda toma de las medidas biométricas. Se efectuaba el mismo protocolo que en la toma de medida anterior.

Por último entraban a la consulta del oftalmólogo para la revisión de rutina. En última instancia, el paciente abandonaba el centro oftalmológico; dando por finalizada su colaboración en el estudio que nos ocupa.

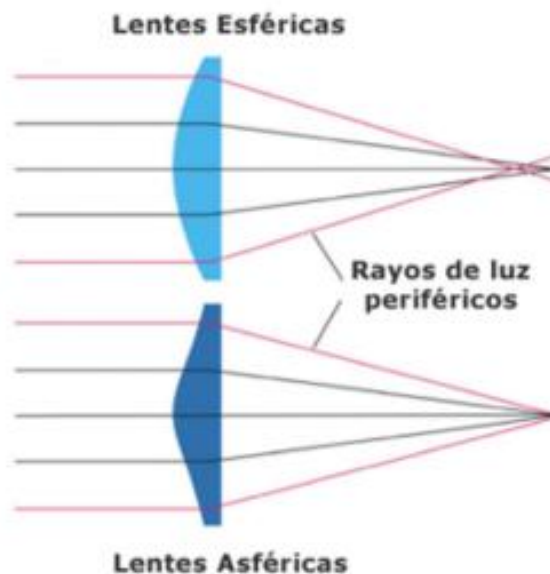
Para el estudio usábamos el software Eyesuite incorporado en el mismo biómetro. Y nos centrábamos en el cálculo de la potencia de la LIO monofocal asférica AcrySof IQ<sup>®</sup> IQ modelo SN60WF de los laboratorios Alcon y usando como fórmulas la HofferQ y SRK-T.

Nos detenemos brevemente ahora para hablar de la lente Acrysof IQ SN60WF de Alcon usada para nuestro estudio. Se trata de una Lente Intraocular Monofocal Asférica con filtros de Luz Azul y Ultravioleta. Está construida de una sola pieza y su material es acrílico y plegable.



**Figura 4.3** Acrysof IQ aspheric SN60WF. Imagen procedente del fabricante Alcon.

Las dos propiedades que la caracterizan son su filtro azul y ultravioletado y su asfericidad. Este diseño esférico redunda en una claridad y calidad de imagen extraordinariamente mejoradas, con reducción de las aberraciones y mejora de la sensibilidad al contraste.



**Figura 4.4** Diferencia entre lente esférica y asférica. Imagen procedente de todoopticas.com

En cuanto a la importancia del filtro azul, debemos comentar primero que la luz ultravioleta tiene la longitud de onda de 215 a 400 nm. A su vez comentar que es el cristalino el encargado de absorber radiaciones de entre 300 y 400 nanómetros (de las inferiores a 300 se encarga la cornea). Al reemplazar el cristalino por la LIO, llega una mayor cantidad de luz azul y violeta a la retina, pudiéndola dañar. De ahí la importancia del filtro en la lente SN60WF de Alcon en la protección de la retina.

También comentar que se trata de una de las lentes más populares, y por lo tanto una de las más implantadas en la cirugía de cataratas. Su potencia va desde 6 a 30 dioptrías en pasos de 0,50 D. A su vez, la lente esférica AcrySof IQ® IQ ha sido diseñada con una aberración esférica negativa que permite compensar la aberración positiva de una córnea normal.

Dejando de lado las especificaciones de la lente a implantar, recordar también, las especificaciones del uso de las fórmulas SRK-T (ojos largos) y la HofferQ (ojos cortos) usadas para nuestro estudio (Prager et al, 2006):

LA < 22mm: HofferQ

LA entre 22 y 24.5mm: cualquiera

LA entre 24.5 a 26mm: Holladay I

LA>26mm: SRK-T

Por último, explicar que el software Eyesuite del biómetro nos da diferentes potencias de LIO dependiendo de la emetropía que se estime querer dejar al paciente en el post operatorio.

Normalmente si el otro ojo ya está operado se intenta coger la LIO cuya potencia más se asemeje a la refracción final post operatoria de dicho ojo.

Si se trata del primer ojo, se intenta coger la potencia de LIO cuya refracción estimada sea la más cercana a cero o con ligera tendencia hacia la miopía; así en caso de que el paciente no quede emétrope estará más confortable siendo miope que no hipermétrope. Su visión lejana apenas se verá disminuida y le permitiría tener una cómoda agudeza visual en medias distancias.

Por otra parte, un componente esférico entre -2,00 y -3,00 D en los pacientes mayores, según se describe en la literatura revisada, puede ser el mejor objetivo ya que para estos pacientes la lectura sin corrección óptica puede ser preferible a la visión lejana sin gafas (Holladay JT, 1999).

En última instancia, la selección final de la potencia de la LIO es decisión de cada oftalmólogo o centro oftalmológico.

#### **4.4 Análisis estadístico**

Mediante el programa informático IBM SPSS Statistics versión 22, hemos analizado estadísticamente los valores obtenidos con la pupila sin dilatar y dilatada. Los parámetros a analizar han sido: longitud axial (LA), espesor corneal (Paqui), amplitud

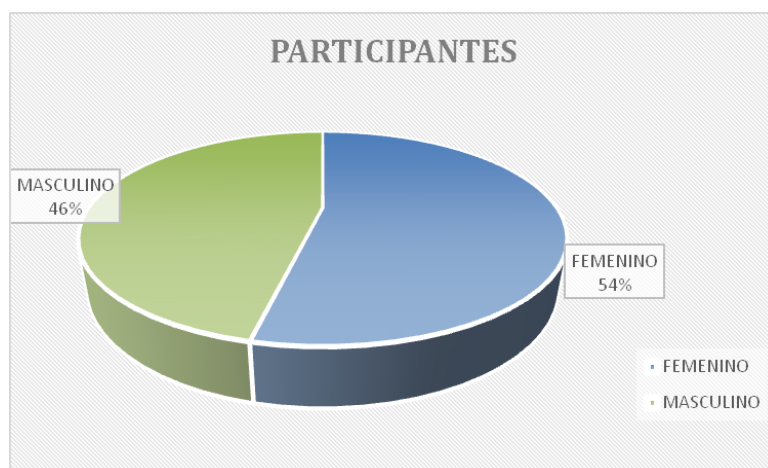
de la cámara anterior (ACD), grosor del cristalino (LT), cilindro corneal (CIL), distancia blanco-blanco (WW), potencia de la LIO usando la fórmula SRK-T, refracción estimada del paciente post quirúrgica según fórmula SRK-T, potencia de la LIO usando la fórmula HofferQ y refracción estimada del paciente postquirúrgica según fórmula HofferQ.

Viendo que la distribución de cada una de las variables analizadas no es normal (test de Kolmogorov-Smirnof), usaremos la estadística no paramétrica para analizar los resultados obtenidos en nuestros pacientes. Asimismo, presentaremos los resultados en forma de mediana y rango (mínimo y máximo), además de promedio y desviación estándar. Por su parte, en toda la estadística inferencial aceptaremos como estadísticamente significativo un valor de  $p \text{ (sig)} < 0,05$ .

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Descripción de la muestra

La muestra procede de un total de 28 pacientes y un total de 54 ojos. Las edades comprendidas son entre los 28 hasta los 90 años, con un promedio de 70,06 años y una desviación estándar de 14,35 años.



*Figura 5.1 Participantes según el sexo.*

### 5.2 Evaluación del efecto de la dilatación en la biometría en cirugía de cataratas.

En este estudio hemos evaluado las diferencias entre las medidas obtenidas mediante el biómetro óptico Lenstar 900 en condiciones normales o con la pupila dilatada. Siempre teniendo en cuenta, como objetivo principal del estudio, valorar si existen variaciones en la potencia final de la lente que se va a implantar tras la cirugía de cataratas entre ojo dilatado y ojo sin dilatar.

Antes de abordar los datos obtenidos, es oportuno ahora mencionar que son muchos los estudios que asemejan las medidas biométricas tomadas con los biómetros IOLMaster y Lenstar (Kolodziejczyk W et al, 2011; Huang JH et al, 2012). Según estos autores, las medidas de ambos biómetros se pueden considerar intercambiables. Es por esta razón que nuestros datos obtenidos serán comparados con estudios previos que hayan usado cualquiera de estos dos instrumentos.

A continuación mostramos los estadísticos descriptivos para cada variable a analizar. Anotaremos su valor mínimo, máximo, la media, la desviación estándar y la mediana.

	N	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Mediana
LA sin dilatar (mm)	54	22,16	30,69	23,81	1,60	23,31
PAQUI sin dilatar (micras)	54	486	591	538,61	31,96	535,00
ACD sin dilatar (mm)	54	2,50	4,30	3,12	0,38	3,10
LT sin dilatar (mm)	54	3,37	5,04	4,53	0,39	4,60
CIL sin dilatar (D)	54	-3,17	-0,12	-1,12	0,74	-0,85
WW sin dilatar (mm)	54	11,09	12,78	12,00	0,41	12,10
DIAM PUPIL sin dilatar (mm)	51	2,49	5,19	3,77	0,48	3,98
POT LIO SRK-T sin dilatar (D)	54	-2,00	26,50	20,17	5,04	21,50
Rx ESTIMADA con LIO SRK-T sin dilatar (D)	54	-0,15	0,16	0,01	0,10	0,00
POT LIO HofferQ sin dilatar (D)	54	-3,00	27,50	20,26	5,37	21,50
Rx estimada con LIO HofferQ sin dilatar (D)	54	-0,17	0,17	0,01	0,10	0,01
LA dilatado (mm)	54	22,17	30,69	23,81	1,59	23,32
PAQUI dilatado (micras)	54	489	596	540,52	31,96	540,00
ACD dilatado (mm)	54	2,61	4,27	3,20	0,39	3,13
LT dilatado (mm)	54	3,39	5,04	4,51	0,40	4,58
CIL dilatado (D)	54	-3,42	-0,4	-1,10	0,73	-0,85
WW dilatado (mm)	54	11,09	12,85	12,04	0,38	12,11
DIAM PUPIL dilatado (mm)	54	5,30	9,12	7,59	0,94	7,80
POT LIO SRK-T dilatado (D)	54	-2,50	26	20,16	5,10	21,50
RX ESTIMADA con LIO SRK-T dilatado (D)	54	-0,17	0,17	-0,02	0,09	-0,02
POT LIO HofferQ dilatado (D)	54	-3,00	27	20,22	5,38	21,50
RX ESTIMADA con LIO HofferQ dilatado (D)	54	-0,17	0,16	-0,00	0,09	-0,01

**Tabla 5.1** Estadísticos descriptivos.

Mediante las pruebas no paramétricas analizaré de dos en dos todas las variables relacionadas. LA sin dilatar versus LA dilatado, paquimetría sin dilatar versus paquimetría dilatado...y así sucesivamente con cada una de ellas.

Primero observaré en cuantos pacientes (N) el valor numérico de la variable a analizar sin dilatar es mayor, menor o igual a la misma variable con la pupila dilatada.

Como objetivo principal de este estudio, me centraré sobretodo en analizar los resultados que obtenga al comparar la potencia de la LIO, con ambas fórmulas, antes y después de la dilatación.

Así mismo, como finalidad secundaria, se han valorado también, parámetros como la profundidad de la cámara anterior, la longitud axial, el grosor corneal, la distancia blanco-blanco, el grosor del cristalino y el cilindro corneal. Todas ellas teniendo en cuenta las medidas obtenidas con el biómetro óptico pre y post midriático.

Los resultados obtenidos se pueden resumir e interpretar de la siguiente manera:

En 26 ojos de 54	→	LA dilatado > LA sin dilatar
En 37 ojos de 54	→	PAQUI dilatado > PAQUI sin dilatar
En 52 ojos de 54	→	ACD dilatado > ACD sin dilatar
En 37 ojos de 54	→	LT dilatado < LT sin dilatar
En 29 ojos de 54	→	CIL dilatado > CIL sin dilatar
En 38 ojos de 54	→	WW dilatado > WW sin dilatar
En 35 ojos de 54	→	RX ESTIMADA SRKT dil < RX ESTIMADA SRKT sin dil
En 32 ojos de 54	→	RX ESTIMADA HofferQ dil < RX ESTIM HofferQ sin dil

En 42 y 43 ojos de 54, la POT LIO usando la fórmula HofferQ o SRK-T respectivamente, no varía con la dilatación pupilar.

El dato más relevante es la certeza que de los 54 ojos analizados, 52 de ellos presentan una profundidad de la cámara anterior mayor con la pupila dilatada que sin ella.

También es muy concluyente que de los 54 ojos estudiados, en 42 de ellos no se vea alterada la potencia de la LIO calculada por el software del biómetro. Habrá que analizar si en los ojos restantes la variación de la LIO resulta ser estadísticamente significativa y, más importante aún, si resulta ser clínicamente relevante.

Ahora necesitamos saber si esas variaciones, tanto en aumento como en disminución de las variables analizadas dependiendo del colirio midriático, son estadísticamente significativas.

Luego, más adelante, analizaremos si las variaciones estadísticamente significativas son o no clínicamente relevantes para la práctica diaria.

Par de parámetros	Diferencia promedio	Z	p (sig.)
LA dilatado - LA sin dilatar (mm)	-0,0050	-2,150	0,032
PAQUI dilatado - PAQUI sin dilatar (micras)	-1,91	-3,151	0,001
ACD dilatado - ACD sin dilatar (mm)	-0,1010	-5,89	<0,001
LT dilatado - LT sin dilatar (mm)	0,0204	-3,30	0,001
CIL dilatado - CIL sin dilatar (D)	0,02	-1,08	0,280
WW dilatado - WW sin dilatar (mm)	-0,0035	-2,98	0,002
POT LIO SRK-T dilatado - POT LIO SRK-T sin dilatar (D)	0,01	-0,30	0,763
RX ESTIMADA SRK-T dilatado - Rx ESTIMADA SRK-T sin dilatar (D)	0,0259	-2,051	0,040
POT LIO HofferQ dilatado - POT LIO HofferQ sin dilatar (D)	0,04	-1,155	0,248
RX ESTIMADA HofferQ dilatado - Rx estimada HofferQ sin dilatar (D)	0,01	-0,960	0,336

**Tabla 5.2** Estadísticos de prueba para dos variables relacionada. Prueba de Wilcoxon.

Es fácil observar en los resultados obtenidos, que si el valor “Z” es elevado para una pareja de variables y su significación es  $p \text{ (sig)} < 0,05$ , indica que hay cambios significativos evidentes entre los valores obtenidos para esas variables en concreto comparándolos antes y después de la instilación del colirio midriático.

En esta misma tabla 5.2 podemos observar y ordenar, teniendo en cuenta el valor de Z y su significación, las parejas de variables que más diferencia en su valor muestran dependiendo de si la pupila está dilatada o no.

Observamos que la variable cuyo valor más varía significativamente dependiendo de si el paciente está o no dilatado es la **profundidad de la cámara anterior** (con un valor de Z muy negativo de -5,89 y con una significación muy baja), seguida de el grosor del cristalino ( $Z = -3,30$  y significación de  $p = 0,001$ ), el espesor corneal ( $Z = -3,151$  y significación de  $p = 0,0016$ ), la distancia blanco-blanco ( $Z = -2,98$  y significación de  $p = 0,002$ ), la longitud axial ( $Z = -2,150$  y significación de  $p = 0,032$ ) y por último la graduación estimada que tendrá el paciente con la LIO calculada según la fórmula SRK-T ( $Z = -2,051$  y significación de  $p = 0,0403$ ).

La resta de parejas de variables no varían estadísticamente su valor dependiendo del diámetro pupilar. Entre ellas está la potencia de la LIO; variable principal de nuestro estudio.

### **Profundidad de la cámara anterior ACD**

Si nos referimos al primer valor estadísticamente significativo dependiendo de la dilatación pupilar farmacológica como es la medida de la profundidad de la cámara anterior, trabajos previos como Arriola- Villalobos et al (2014), ya compararon parámetros del segmento anterior antes y después de la instilación de tropicamida al 1% utilizando, al igual que nosotros, el biómetro Lenstar 900.



Al igual que en el mencionado estudio, nuestros pacientes también presentaron un aumento de la profundidad de la cámara anterior al tomar las medidas con el ojo dilatado. Aunque esta variación de la ACD demostró en ambos estudios ser significativa, no hizo variar la potencia de la LIO dada.

Según la bibliografía consultada, otros estudios corroboran los mismos resultados (Huang et al, 2012; Rodríguez-Ratón A et al, 2015; Saitoh K et al, 2004; Tobio A et al, 2015; Bakbak B et al, 2013).

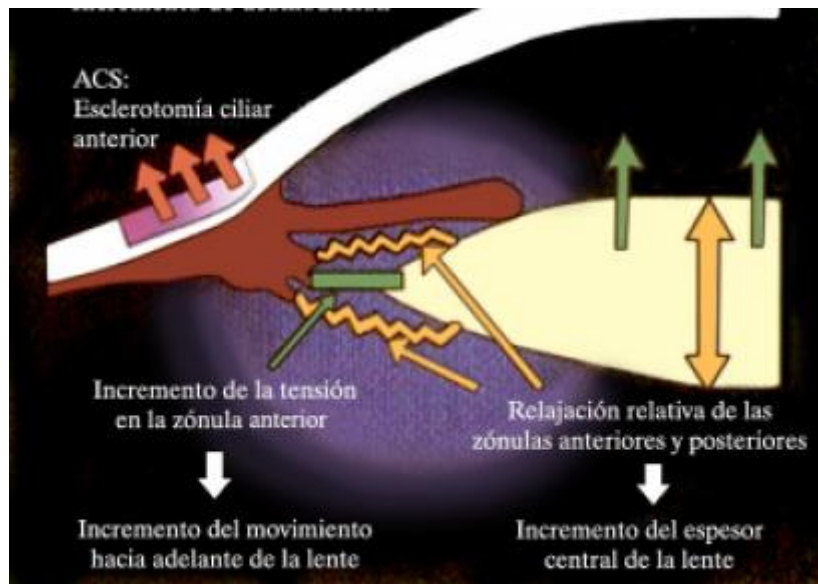
Para indicar un ejemplo, en el estudio de Rodríguez-Ratón A et al, 2015, la ACD se ve incrementada en  $0,12 \pm 0,12$  mm ( $p < 0,01$ )

Es, por tanto, estadísticamente significativo el aumento de la profundidad de la cámara anterior al instilar colirios midriáticos con acción cicloplégica, tanto usando el biómetro Lenstar como IOL Máster.

Todos los estudios citados también afirman, al unísono, que la variación de la ACD hallada no repercute en la medida de la longitud axial pre y post midriático, ni tampoco en el cálculo final de la LIO.

Es preciso ahora recordar que la profundidad de la cámara anterior es la distancia medida entre la cara anterior de córnea a cara anterior de cristalino. Luego el valor entre la cara anterior del cristalino y la cara posterior ya se considera el grosor del cristalino LT.

Una vez hecha esta consideración, está descrito que al instilar tropicamida, y debido a su mecanismo de acción cicloplégico, el músculo ciliar se relaja tensando a la vez la zónulas de Zinn que van unidas al cristalino. Esta tensión de las zónulas produce inevitablemente un estiramiento del cristalino y a la vez una ligera retirada hacia atrás, hecho que disminuye su grosor en su zona más central. Por esta razón se observa en las medidas obtenidas post dilatación de nuestros pacientes, un aumento de la ACD a la vez que una disminución de LT o grosor del cristalino. Este hecho se muestra de manera gráfica y con mucha claridad en la siguiente figura. Cuando el ojo está sin dilatar, el músculo ciliar tiene un tono que permite cierta relajación de la zónula, manteniendo ligeramente abombado al cristalino. Entender entonces, que tras la instilación de colirio esta zónula quedará tensionada, provocando cierto estiramiento y retraso del cristalino; disminuyendo así su grosor central.



**Figura 5.2** Esquema del mecanismo de acción del músculo ciliar a la zónula y a l cristalino de un ojo sin instilar colirio midriático. Imagen procedente del libro *Ortóptica de Olga de Landaluze Gutiérrez*. Editorial Ciencias Médicas (2006).

### **Grosor del cristalino LT**

En cuanto al espesor del cristalino pre y post dilatación, pocos son los estudios que muestran especial interés en este tema. Según nuestro análisis estadístico sí que se aprecian diferencias significativas del grosor dependiendo del diámetro pupilar.

Tal y como hemos indicado antes, esto es debido al ligero estiramiento del cristalino causado por la relajación del músculo ciliar, causando la disminución del diámetro anteroposterior del cristalino.

### **Paquimetría PAQUI**

Hablando de la paquimetría o espesor corneal, en nuestro estudio si que el valor varia significativamente con la dilatación pupilar (1,91 micras) mientras que otros estudios similares (Saitoh K et al, 2004) no obtienen dicha variación en sus resultados estadísticos.

Me gustaría detenerme aquí para dejar constancia que, estudios previos han analizado la variación de la presión intraocular (PIO) en pacientes sin dilatar y dilatados (Kim JM et al, 2012). Estos llegan a la conclusión que hay un incremento significativo en la PIO después de la dilatación con Fenilefrina y Tropicamida de  $1,85 \pm 2,01$  mmHg ( $p=0,002$ ).

Sabiendo que la PIO se ve aumentada 1,5 mmHg cada 10 micras, podríamos concluir que si analizamos este estudio junto al nuestro, el aumento de la PIO no es tal, sino que está enmascarado por el incremento de la paquimetría corneal tras la dilatación.

En nuestro caso el aumento en el grosor corneal es de 1,91 micras. La absorción del colirio por parte de la cornea provoca, cambios momentáneos en el grosor de esta (edema corneal). Este hecho justificaría el leve incremento de la paquimetría post dilatación. Estudios posteriores podrían analizar cuanto tiempo es requerido para que la paquimetría vuelva a su valor original o valor pre-dilatación.

### **Blanco-blanco WW**

La medida blanco-blanco o diámetro corneal sí que varía significativamente; aumentando con el efecto del midriático (0,0035mm). Otros estudios reafirman los valores obtenidos (Huang et al, 2012).

No queda claro el mecanismo por el cual se observa este incremento en la medida del blanco-blanco tras la dilatación pupilar. Cabría realizar estudios futuros para profundizar más sobre este tema.

Aun y así, considerar que sea el mismo esfínter del iris, que al quedar relajado o plegado en la zona del limbo produzca un aumento del tamaño del iris visible.

### **Longitud axial LA**

En nuestro estudio observamos que existe un ligero aumento de la LA cuando el ojo está dilatado. No queda claro en la literatura y en los artículos consultados el porqué de este aumento, aunque pudiera ser en parte debido a los índices de refracción de los distintos medios oculares y la velocidad de la luz al pasar por ellos.

### **Graduación estimada que tendrá el paciente con la LIO calculada según la fórmula SRK-T**

En 35 ojos de los 54 totales obtenemos que la refracción estimada usando SRK-T dilatado < refracción estimada usando SRK-T sin dilatar. Es decir, aunque la LIO adaptada en la cirugía de las cataratas sea de igual potencia tanto si realizamos la biometría al paciente dilatado o no, obtendremos una mejor emetropización del paciente (refracción estimada más próxima a 0.00 dioptrías) con el ojo dilatado. Y los análisis nos confirman que esta variación es estadísticamente significativa o relevante. Luego valoraremos si es clínicamente importante.

En cambio, si nos fijamos en otro estudio similar al nuestro estudio (Rodríguez-Ratón A et al, 2015), observamos que no existen variaciones en la refracción estimada usando la fórmula SRK-T en el cálculo de la potencia de la LIO.

Estas discrepancias son difíciles de explicar y precisarían de estudios posteriores.

Si nos detenemos un segundo en el análisis del **cilindro corneal** pre y post midriasis, tanto en nuestro estudio como en otros actuales (Rodríguez-Ratón A et al, 2015)

vemos que las diferencias con la instilación del colirio no son significativamente significativas. En cambio el estudio de Adler et al en 2015 si que encuentra una ligera diferencia significativa entre el cilindro pre y post midriático (0,102D con P inferior a 0,001).

Resaltar que aunque haya una variación significativa en todas estas variables medidas con o sin midriático, ello no conlleva a cambio alguno en la potencia de la lente que el biómetro calcula mediante la fórmula SRK-T o HofferQ, en nuestro caso.

Por mucho que existan variables relacionadas que aumenten o disminuyan significativamente dependiendo de si la pupila está o no dilatada, el valor de la potencia de la LIO calculada no se ve afectada.

Estudios previos usando también tropicamida al 1% (Ruiz Medrano. J, 2013) concluyen, al igual que nosotros, que la dilatación pupilar no afecta significativamente en la potencia final de la LIO. Aunque en este estudio se basan en las fórmulas SRK-T y Holladay II (mientras que nosotros usamos la misma SRK-T y la HofferQ), los resultados son igual de concluyentes.

A su vez más estudios recientes (Huang J et al, 2012; Bakbak B et al, 2013; Adler G et al, 2015) concluyen de igual modo, que la dilatación pupilar no afecta en la medida final de la LIO.

Y por último, una mención especial al estudio muy similar al nuestro publicado este mismo año (Khambhiphan B et al, 2015) donde usando el biómetro IOLMaster, instilando tropicamida al 1%, usando la fórmula SRK-T y la lente de Alcon SN60WF; concluyen al igual que nosotros, que la dilatación pupilar no es estadísticamente relevante en la medida final de la potencia de la LIO Alcon SN60WF ( $p = 0,40$ ). Y también concluyen que sí que es significativo el aumento de la profundidad de la cámara anterior tras la dilatación ( $p$  inferior a 0,05). Por el contrario ellos no encuentran evidencias significativas de variación en la longitud axial ( $p = 0,07$ )

### **Significación estadística vs significación clínica**

A continuación procederemos a analizar si estos cambios significativos (en más o menos medida) de dichas variables, son estadísticamente o no relevantes en la práctica clínica. Para ello nos fijaremos en los resultados presentados en la **tabla 5.2** (y resumidos en la **tabla 5.3** para los parámetros con significación estadística) en los que, de cada variable, se muestra la diferencia entre su valor pre dilatación y su valor post. Luego, con los resultados obtenidos, procederemos a considerarlos clínicamente relevantes o no.

	Media
LA sin dil - LA dilat	-0,0050 mm
PAQUI sin dil-PAQUI dilatado	-1,91 micras
ACD sin dil-ACD dilatado	-0,1010 mm
LT sin dilatar-LT dilatado	0,0204 mm
WW sin dil-WW dilatado	-0,0035 mm
RX ESTIMADA con LIO SRK-T sin dil -RX ESTIMADA con LIO SRK-T dilatado	0,0259 D

**Tabla 5.3** Diferencias entre los valores pre dilatación y post dilatación para dos variables relacionadas.

Vayamos paso a paso analizando cada una de las variables donde existe una evidencia clara, estadísticamente hablando, y veremos si esa evidencia es clínicamente significativa, basándonos en la literatura escrita.

En primer lugar la longitud axial vemos que se ve aumentada en una media de 0,0050 mm tras la dilatación pupilar. Sabemos que variaciones en la LA de 1 mm equivalen a un error refractivo de 3,00 ddioptías en el cálculo del lente intraocular (Frank W et al, 2009).

En nuestro estudio, y sabiendo que la potencia de la lente se fabrica en pasos de 0,50 D, buscaremos cuanta variación ha de haber para obtener cambios en la LIO de 0,25 D. Si aplicamos una regla de tres y sabiendo que cada 1 mm varia 3,00 D, obtenemos que para que modifique en 0,25 D la potencia de la lente necesitamos una variación en la LA de 0,0833 mm. En nuestro estudio la variación es inferior, siendo de 0,0050 mm, por consiguiente, no es clínicamente relevante.

En segundo lugar analizamos la paquimetría corneal, que vemos que aumenta en una media de 1,91 micras. Valor muy bajo para que modifique por en absoluto la potencia de la LIO (Díaz Alemán VT et al, 2005). Además, sabiendo que la PIO se ve aumentada 1,5 mmHg cada 10 micras, no es para nada clínicamente significativo tampoco para la medición de la presión intraocular en función de la dilatación pupilar.

Seguimos con la ACD observando una variación de 0,1010 mm. Esta descrito que cambios de 0,10 mm en la ACD equivalen a 0,10 D en la potencia de la LIO (Pontuchova E et al, 1996).

Aun siendo la variable cuyo cambio es estadísticamente el más relevante, vemos que necesitamos una variación de 0,25 mm para que su incremento modifique en 0,25 D la potencia final de la LIO. Tampoco es clínicamente significativo.

El caso del grosor del cristalino vemos que disminuye una media de 0,0204 mm, valor clínicamente insignificante. Igual sucede con la medida blanco-blanco donde su aumento con el midriático resulta también clínicamente insignificante con un aumento medio de 0,0035 mm.

Haría falta añadir que si bien todos estos pequeños cambios no tienen ninguna relevancia clínica individualmente, podría suceder que si todos ellos se sumasen en la misma dirección sí que podrían provocar un efecto final en la potencia de la LIO.

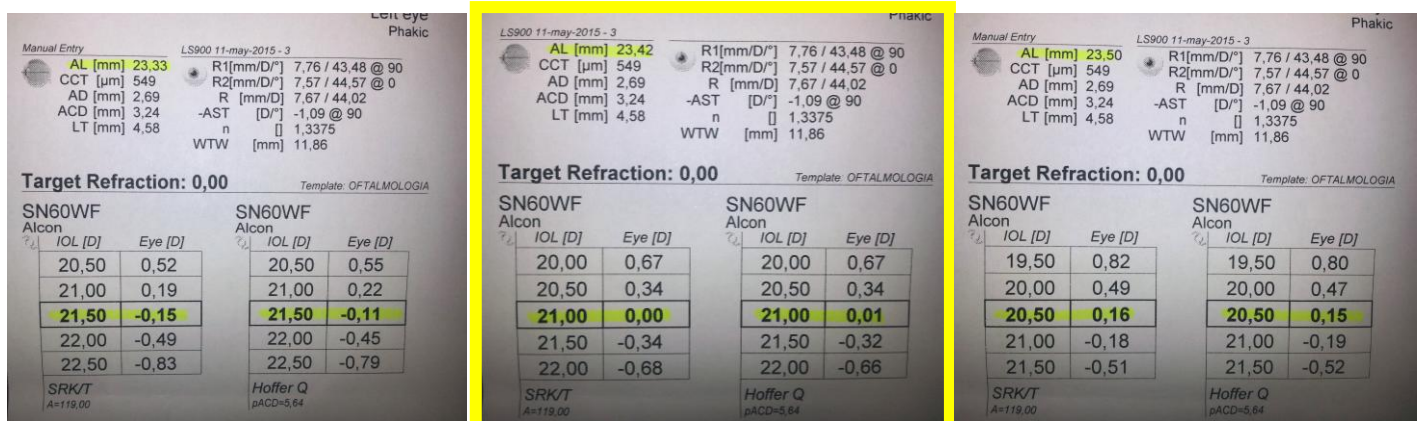
Vemos que no es el caso, ya que analizando, por último, la variable que nos mide la refracción estimada del paciente con la LIO de Alcon SN60WF calculada con la fórmula SRK-T nos indica que habrá una variación de 0,0259 D en la refracción del paciente una vez implantada la lente, dependiendo de si la medida es pre dilatación o post dilatación pupilar. Para que fuera clínicamente relevante necesitaríamos un cambio de cómo mínimo 0,25 dioptrías.

	<b>Variaciones obtenidas en nuestro estudio</b>	<b>Variaciones para que haya cambio de 0.25D en LIO</b>
<b>Longitud axial</b>	0,0050 mm	0,0833 mm
<b>Profundidad cámara anterior</b>	0,1010 mm	0,25 mm

**Tabla 5.4** Variaciones obtenidas versus variaciones clínicamente significativas.

A continuación mostraré un ejemplo, a modo de caso clínico, usando el software del Lenstar y partiendo de los datos reales de un paciente. El procedimiento será mantener constantes todas las variables del paciente, e ir cambiando manualmente la longitud axial hasta obtener cambios de 0,50 D en la potencia de la LIO calculada por el software Eyesuite.

Recaltar que siempre mantendremos constantes el resto de las variables, usaremos la misma lente (SN60WF), usaremos las dos fórmulas empleadas en nuestro estudio y escogeremos la potencia de la LIO que más se acerque a la emetropización post quirúrgica del paciente.



Disminuyo 0,09 mm la LA

Aumento 0,08 mm la LA

**Figura 5.3** Ejemplo práctico. Modificación manual en el biómetro de la LA para obtener cambios de 0.50 en la potencia de la LIO calculada. Imágenes propias.

En la figura 5.3 se observan (en el centro) los resultados de nuestro paciente ejemplo cuya LA real es de 23,42 mm y potencia calculada de la lente, para ambas fórmulas, de 21,00 D. Ahora vamos aumentando la LA hasta el mínimo valor para que cambie la potencia en 0,50 D manteniendo constantes todas las demás medidas. Necesitamos una LA de 23,50 mm para obtener como potencia de la lente calculada 20,50D (figura de la derecha). De la misma manera, disminuyendo manualmente la LA hasta 23,33 mm obtenemos un nuevo salto de 0,50 D en la potencia de la LIO (21,50 D) (figura de la izquierda). Recordar siempre, que las lentes a implantar tras la cirugía, van en saltos de potencia de 0,50 en 0,50 dioptrías.

Con este ejemplo práctico queremos volver a poner de manifiesto lo mencionado estadísticamente anteriormente (véase tabla 5.4); con aumento de 0,08 mm en la longitud axial, hay una variación de 0,25 D y por lo tanto un salto de 0,50 D menos en potencia de la LIO calculada. De igual manera, con una disminución de la LA de 0,9 mm hay una variación superior a 0,25 D y por lo tanto un salto de 0,50 D superior en la potencia de la lente calculada.

## **6. CONCLUSIONES**

### **6.1 Conclusiones**

Las conclusiones más relevantes del estudio que hemos descrito se resumen en los siguientes puntos:

1. La variación de la potencia de la LIO medida con el biómetro Lenstar tras la dilatación farmacológica con Tropicamida al 1%, comparada con la medida sin dilatación, no es estadísticamente significativa ni clínicamente relevante, dado que el cambio es inferior a los pasos habituales de 0,25 dioptrías.
2. Se observa un aumento importante en la medida de la ACD tras la instilación del colirio. Sin embargo, aunque siendo estadísticamente significativo, este aumento no es clínicamente relevante ya que se refleja en un cambio menor de 0,25 dioptrías en la potencia calculada de la LIO con ambas fórmulas de cálculo.
3. Al igual que la profundidad de la cámara anterior, la longitud axial también se ve estadísticamente aumentada tras la dilatación pupilar, aunque en menor grado. De la misma manera que en la ACD, esta variación no es clínicamente relevante y por lo tanto no afecta a la potencia final de la lente a implantar.
4. El grosor corneal o valor de la paquimetría post dilatación tampoco resulta clínicamente significativo. Este hallazgo es importante, ya que nos da a entender que el valor de la presión intraocular (PIO) puede ser tomada por el oftalmólogo sin miedo a error, tanto con la pupila dilatada como sin ella.
5. Una de las ventajas de tomar las medida biométricas con la pupila dilatada es que el mismo biómetro óptico nos dará una idea de la midriasis farmacológica que causa el colirio en cada paciente en concreto y hará saber al cirujano la facilidad de acceder a la catarata en el momento de la cirugía (DIAM PUPIL dilatado en milímetros, véase la tabla 5.1).

### **6.2 Limitaciones del estudio y trabajos futuros**

Podemos concluir que, con los resultados obtenidos, no sería necesaria la creación de un protocolo para la toma de las medidas biométricas basándonos en la dilatación pupilar. Cada consulta oftalmológica podrá seguir decidiendo si quiere tomar las medidas de la biometría óptica con el paciente dilatado o bien citarlo otro día para realizar dicha prueba complementaria.

Aun así, y antes de extrapolar nuestros resultados afirmando que la dilatación pupilar no modifica la potencia de la LIO calculada, nos gustaría proponer trabajos futuros que suplan las limitaciones encontradas en nuestro estudio:

1. Hemos usado sólo un biómetro (Lenstar 900). Sería interesante realizar estudios futuros con otros biómetros ópticos y también de ultrasonidos.



2. Hemos usado sólo Tropicamida al 1% como fármaco para conseguir la dilatación pupilar. Otros como la Fenilefrina, Atropina o Ciclopléjico o incluso la combinación de dos de ellos, deberían estudiarse en revisiones futuras.
3. Hemos usado sólo dos fórmulas para el cálculo de la potencia de la lente (HofferQ y SRK-T). Vemos la necesidad de usar en trabajos futuros otras fórmulas de última generación y valorar también los resultados obtenidos tras la dilatación en el cálculo de la potencia de la LIO.
4. Hemos usado sólo un modelo de lente y de un fabricante en concreto para aplicar nuestro análisis estadístico (AcrySof IQ® IQ de Alcon). Otras marcas y otros fabricantes deberían ser también analizados en próximos estudios.
5. Una buena adición al presente estudio sería el diseño de una investigación longitudinal y prospectiva para valorar la agudeza visual y la refracción real de los pacientes una vez realizada la cirugía de cataratas y su recuperación.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abellán García A, Pujol Rodríguez, R. (2015). *El estado de la población mayor en España*. Departamento de Población, CSIC.
- Adler G, Shahar J, Kesner R, Rosenfeld E, Fischer N, Loewenstein A, Kurtz (2015) *Effect of pupil size on biometry measurements using the IOLMaster*. Am J Ophthalmol. 159(5):940-944
- Alcon. (2014). *29º Congreso de la Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva (SECOIR)*.
- Alió J, Rodríguez-Prats JL. (2006). *Buscando la excelencia en la cirugía de la catarata*. Editorial Glosa, S.L.
- Aptel F, Chiquet C, Beccat S, Denis P. (2012). *Biometric evaluation of anterior chamber changes after physiologic pupil dilation using Pentacam and anterior segment optical coherence tomography*. Invest Ophthalmol Vis Sci 53(7), 40005-40010 (2012).
- Aramberri J. (2003). *Intraocular lens power calculation after corneal refractive surgery: Double-K method*. J Cataract Refract Surg. 2003 Nov;29(11):2063-2068
- Arriola-Villalobos P, Díaz-Valle D, Garzón N, Ruíz-Medrano J, Fernández C, Alexandre A, GarcíaFeijoó J.(2014). *Effect of pharmacologic pupil dilation on OLCR optical biometry measurements for IOL predictions*. Eur J Ophthalmol 24(1), 53-57 (2014).
- Bakbak B, Koktekir BE, Gedik S, Guzel H.(2013).*The effect of pupil dilation on biometric parameters of the Lenstar 900*. (Haag Streit AG, Koeniz, Switzerland).
- Bansal S, Quah SA, Turpin T, Batterbury M. (2008).*Biometric calculation of intraocular lens power for cataract surgery following pupil dilatation*. Clin Experiment Ophthalmol 2008; 36(2):156–158.
- Blázquez Sánchez V, Díaz Castillo E. (2013) *Tipos de lente intraocular en la cirugía de cataratas*. Revista Gaceta Óptica nº 481
- Begiristain JM, Ibarluzea J, Elizalde B, Larrañaga I, Garitano B, Mendicute J. (2008). *Incidencia y prevalencia de cataratas*.
- Bernal-Reyes N, Hormigó-Puertas I, Arias-Díaz A. (2014). *Correlación de la densidad del cristalino medida por imágenes de Scheimpflug y parámetros facodinámicos en la optimización de la facoemulsificación*. Revista Mexicana de Oftalmología volumen 88

- Bjeloš Rončević M, Mladen Bušić S, Biljana Kuzmanović I, Damir Bosnar E, Miletić D. (2010). *Comparison of optical low-coherence reflectometry and applanation ultrasound biometry on intraocular lens power calculation*. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.;249(1):69-75
- Castro López FW, Remedios Hernández ME. (2009). *Manual de diagnóstico y tratamiento en oftalmología*. Educación Médica Superior. 2009; 23(3): 131-137
- Díaz Aleman VT, Fernández-Baca Vaca G, Lozano López V, García Somalo M, Pérez Sanz D, González de la Rosa M. (2005). *Nomogram for ocular hypertension progression risk based on the ocular hypertension treatment study*. Arch Soc Esp Oftalmol. 2005 Mar;80(3):151-154
- Fernández-Vega, L. (2014). Afirmación del Director del Instituto Oftalmológico Fernández-Vega y presidente de la Sociedad Española de Oftalmología.
- Garzón N, Muñoz Mendoza M, Poyales Galán F. (2008). *Cálculo de la potencia de lentes intraoculares*. Revista Gaceta Óptica nº 425.
- Hayashi K, H. (2007). *Influence on Posterior Capsule Opacification and Visual Function of Intraocular Lens Optic Material*. Am J Ophthalmol. Aug;144(2):195-202
- Heatley CJ, Whitefield LA, Hugkulstone CE. (2002). *Effect of pupil dilation on the accuracy of the IOLMaster*. J Cataract Refract Surg 2002;28(11):1993–1996.
- Hoffer KJ. (1993). *The Hoffer Q formula: A comparison of theoretic and regression formulas*. J Cataract Refract Surg 1993; 19: 700-712.
- Holladay JT, Prager TC, Chandler TY et al. (1988). *A three part system for refining intraocular lens power calculations*. J Cataract Refract Surg 1988; 14:17-24.
- Holladay JT, Prager TC. (1989). *Accurate ultrasonic biometry in pseudophakia*. Am Ophthalmol 1989; 107(2):189-190.
- Holladay, JT. (1999). *Intraocular lens power in difficult cases*. Atlas of cataract surgery. Seattle: Masket & Crandal, 1999. p. 147-158.
- Howes FW. (2013). *Indications for lens surgery/indications for application of different lens surgery techniques*. Ophthalmology, 5.4, 343-350.e1
- Huang J, McAlinden C, Su B, et al. (2012). *The effect of cycloplegia on the Lenstar and the IOLMaster Biometry*. Optom Vis Sci 2012;89(12):1691–1696.
- Huang JH, Yang X, Wang QM, Cheng SM, Chen J. (2012) *Comparison of Lenstar and IOL Master for intraocular lens power calculation*. Zhonghua Yan Ke Za Zhi. 2012 Nov;48(11):1005-1010

- Jiménez, JM. (2012). *Interferometría óptica de coherencia parcial (Lenstar) vs. Ultrasonido por inmersión como métodos de delección de lente intraocular en la cirugía de catarata.*
- Kanadani FN, Ribeiro BB, Suzuki Junior E, Figueiredo CR, Duarte WB. (2004). *Influencia do uso de Tropicamida a 1 por cento na espessura corneana central / Influence of the pupil dilating on the corneal pachymetry.* Rev Bras Oftalmol; 63(9/10): 481-484
- Kanski J. (2003) *Oftalmología Clínica.* 5ta Ed. España: Elsevier (p.234-235).
- Khambhiphan B, Chatbunchachai N, Pongpirul K. (2015). *The effect of pupillary dilatation on IOL Power measurement by using the IOL Master.* Int Ophthalmol. 2015 Dec;35(6):853-859
- Kim JM, Park KH, Han SY, Kim KS, Kim DM, Kim TW, Caprioli J. (2012). *Changes in intraocular pressure after pharmacologic pupil dilation.* BCM Ophthalmology. BMC Ophthalmol. 2012 Sep 27;12:53
- Kolodziejczyk W, Galecki T, Lazicka-Galecka M, Szaflik J. (2011). *Comparison of the biometric measurements obtained using noncontact optical biometers LenStar LS 900 and IOL Master V.5.* Klin Oczna. 2011;113(1-3):47-51.
- Koo E, Chang JR; Agrón E, Clemons TE; Sperduto RD, Ferris FL. (2013). *Las tasas de incidencia de diez años de la catarata relacionada con la edad en el Estudio de Enfermedades Oculares Relacionadas con la Edad (AREDS).*
- Longstaff S (1986). *Factors affecting intraocular lens power calculation.* Trans Ophthalmol Soc UK. 1986;105(6):642-646,
- Manual del Usuario OQAS II, Visiometrics. Version 5.0.
- Mocan, S. Ustunel, O. Dikmetas, B. Bozkurt, M. Irkec.(2014).*The effect of pharmacologic papillary dilatation on anterior segments parameters in patients with exfoliation syndrome.* J Optom7(1), 51-56.
- Muñoz, M; Jiménez, N; Fernández, A. (2009). *Corrección de la presbicia con lentes intraoculares multifocales.* Revista Gaceta Óptica nº 435.
- Naciones Unidad, ONU. (Consultado el 11 de enero de 2016). Disponible en: <http://www.un.org/es/>.
- O'Day, DM. (1993). *Management of cataract in adults. Quick reference guide for clinicians The Cataract Management Guideline Panel of the Agency for Health Care Policy and Research.* Arch Ophtalmol 1993; 111:453-459.

- Olsen T, Corydon L, Gimbel H. (1995). *Intraocular lens power calculation with an improved anterior chamber depth prediction algorithm*. J Cataract Refract Surg 1995; 21:313-393.
- Olsen, T (2007). *Calculation of intraocular lens power: a review*. Acta Ophthalmol Scand 2007; 85(5):472-485
- Ondategui Parra, Juan Carlos, Martínez Roda, Juan Antonio. (2013). *Determinación de la calidad óptica ocular en pacientes con glaucoma mediante la técnica del doble paso*.
- Organización Mundial de la Salud. (2014). *What are the VISION 2020 objectives for cataract tintervention?*
- Organización mundial de la salud, OMS (en línea).(Consultado el 11 de enero 2016, últimos datos de agosto 2014). Disponible en: [http:// www.who.int/es/](http://www.who.int/es/)
- Instituto nacional de estadística, INE (en línea). (Consultado el 11 de enero de 2016, últimos datos del año 2014). Disponible en: <http://www.ine.es/>.
- Palomino Bautista, JC.(2012) *Estudio de la Calidad Visual Mediante OQAS II En Cirugía De Cataratas y Glaucoma*. Visión 2020 Latinoamérica boletín trimestral.
- Pereira, G. (1998). *Estado actual de la facoemulsificación*. Avances en Oftalmología. Rev Cubana Oftalmol 1 (3): 22-27
- Prado-Serrano A, Nava-Hernández NG. (2009) *Cálculo del poder dióptrico de lentes intraoculares ¿Cómo evitar la sorpresa refractiva?* Rev Mex Oftalmol; Septiembre-Octubre 2009; 83(5):272-280
- Prager TC, Hardten DR, Fogal BJ. (2006). *Enhancing intraocular lens outcome precision: an evaluation of axial length determinations, Keratometry, and IOL formulas*. Ophthalmol Clin North Am 2006; 19: 435-448
- Pontuchova E, Cernak A. Potocky M, Cuvala J. (1996). *Calculation of tire assumed postoperative anterior chamber depth as an important factor in the calculation of optic power of the intraocular lens*. Cesk Slov Ophthalmol; 52(4):215-219.
- Retzlaff J.(1980). *A new intraocular lens calculation formula*. Am Intraocular Implant Soc J; 6:148-152.
- Rodríguez-Ratón A, Jiménez-Álvarez M, Arteche-Limousin L, Mediavilla, E, Larrucea-Martínez (2015) *Effect of pupil dilation on biometry measurements with partial coherence interferometry and its effect on IOL power formula calculation*. Eur J Ophthalmol. 2015 Jul-Aug;25(4):309-314.

- Ruiz Medrano, J. (2013). *Efecto de la dilatación pupilar farmacológica en las medidas de biometría óptica con Lenstar LS 900 y en las predicciones de la potencia de LIO*. Seminario del Departamento de Oftalmología del Instituto de Investigaciones Oftalmológicas Ramón Castroviejo
- Saitoh K, Yoshida K, Hamatsu Y, Tazawa Y. (2004). *Changes in the shape of the anterior and posterior corneal surfaces caused by mydriasis and miosis: detailed analysis*. J Cataract Refract Surg 2004;30(5):1024–1030.
- Sanders D, Retzlaff J, Kraff M. (1997). *Biometría con ecografía modo A y cálculo de la potencia refractiva de LIO*. Focal Points (cd. Highlights of Ophthalmology nt); 1(5):3-12
- Tasman W, Jaeger EA, Zigler JS Jr, Datiles MB III. (2013). *Pathogenesis of cataracts*. Duane's Ophthalmology on DVD-ROM
- Tehrani M, Krummenauer F, Blom E y cols. (2003). *Evaluation of the practicality of optical biometry and applanation ultrasound in 253 eyes*. J Cataract Refract Surg 2003; 29:741-746.
- Tobío A, Gargallo A, Arines S; González F. (2015). *Effects of pharmacological mydriasis in anterior chamber depth measurements with IOL Master and Sirius*. Óptica pura y aplicada vol. 48.
- Páginas WEB consultadas:
  - \*[http://www.rocol.com.co/Oftalmologia/Haag-Streit/Biometro\\_Lenstar\\_LS900.aspx](http://www.rocol.com.co/Oftalmologia/Haag-Streit/Biometro_Lenstar_LS900.aspx)
  - \*[http://www.rocol.com.co/Oftalmologia/Haag-Streit/Brochure/Brochure\\_Lenstar\\_LS\\_900.pdf](http://www.rocol.com.co/Oftalmologia/Haag-Streit/Brochure/Brochure_Lenstar_LS_900.pdf)
  - \*[http://mkthsc.haag-streit.com/wl/?id=I&filename=PressReadyPDF&path=Spanish\\_LS900.pdf](http://mkthsc.haag-streit.com/wl/?id=I&filename=PressReadyPDF&path=Spanish_LS900.pdf)
  - \*<http://www.haag-streit.com/contact/contact-your-distributor.html>
  - \*<http://www.ophtalmicdata.com/products/lenstar-ls-900/>